

HUERTA INDOOR AUTOMATIZADA.

JULIO CESAR SARMIENTO FÚQUENE.
SERIO FABIAN MORALES GAMEZ.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ D.C.
2020

HUERTA INDOOR AUTOMATIZADA.

Integrantes:

Julio Cesar Sarmiento Fúquene 702055.
Sergio Fabian Morales Gámez 702071.

Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Directora:

Yury Andrea Jiménez Agudelo, PhD.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ
2020



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:

Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá, noviembre 2020

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de grado representa la finalización de una etapa académica fundamental en nuestras vidas, el esfuerzo propio, el apoyo y acompañamiento de las personas a nuestro alrededor. Agradecemos principalmente a nuestra familia por el apoyo brindado, a nuestros profesores por sus enseñanzas y brindarnos los conocimientos necesarios para llevar a cabo nuestro trabajo de grado y a nuestra directora quien nos guio en todo el proceso para obtener los mejores resultados de nuestro trabajo de grado, el cual se realizó pensando en el beneficio de una comunidad vulnerable.

Dedico este logro y la finalización de este trabajo de grado principalmente a mis padres quienes durante este largo camino me apoyaron incondicionalmente y fueron el motor principal para lograr cumplir mis sueños profesionales. A toda la comunidad educativa, compañeros y profesores que hicieron parte del proceso en algún momento y fueron partícipes de esta etapa tan importante en mi vida.

Julio Sarmiento.

Este logro va dedicado a las personas que me llevaron hasta acá, como no podía ser de otra manera, mi madre Claudia Gamez por su apoyo incondicional, sus consejos, sus preocupaciones y haber creído siempre en mí, eres mi motivación, a mi abuela Zenith Solano, por estar ahí siempre conmigo, consintiéndome, enseñándome la vida con su sabiduría, todo esto no lo hubiera logrado sin ti, gracias por hacerme quien soy. Gracias también a mi hermano Olger Morales, que es a la vez, es mi mejor amigo de toda la vida y cómplice en el día a día, recordándole que espero regresarle todo el apoyo que me brindó, en esas traspasadas que creíamos que no acabarían, a mi hermanita Shayel por estar siempre para mí, esperando la oportunidad para brindarme su ayuda sin dudarlo, también quiero agradecer a Carlos Martinez, porque sin saberlo eres un ejemplo que sigo, gracias por ese apoyo incondicional, a mis tíos que con su amor y dedicación aportaron en gran medida a alcanzar esta meta. ¡Esto es de ustedes!

No puedo dejar por fuera a mis amigos, Sé que saben lo importante que son, Jhon Lancheros, Edwin Piamonte, Alejandro Velandia, Camila Maldonado, Albeiro Vargas, a la nueva escuela, me gustaría nombrarlos a todos, pero me resulta imposible, sin embargo, todos saben hasta qué punto les agradezco, pues todos han aportado algo valioso en mi vida.

Por último, pero no menos importante a mi tutora Yury Jiménez, gracias por tan excelente guía, por su paciencia, por sus consejos, y a todos los docentes que dejaron un aporte importante para mi vida profesional.

Sergio Morales.

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN.....	14
1. GENERALIDADES	16
1.1 ANTECEDENTES.....	16
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	24
1.3 OBJETIVOS.....	25
1.3.1 Objetivo general.	25
1.3.2 Objetivos específicos.	26
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	26
1.5 DELIMITACIÓN	27
1.6 MARCO REFERENCIAL	28
1.6.1 Marco teórico.	28
1.6.2 Marco conceptual.....	33
1.7 METODOLOGÍA.....	35
1.8 DISEÑO METODOLÓGICO	37
1.8.1 Investigación.....	37
1.8.2 Diseño.	68
1.8.3 Implementación y pruebas.....	73
1.8.4 Validación.	81
1.9 IMPACTO Y RESULTADOS ESPERADOS.....	88
2 DESCRIPCIÓN LOS COMPONENTES.....	90
2.1 GENERAL.....	90
2.1.1 Descripción de componentes de la huerta.....	90
2.1.2 Descripción de componentes electrónicos.....	90

2.2	MATERIALES.....	97
3.	DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO.....	100
3.1	Tarjeta Inteligente.....	100
3.2	Huerta Indoor Automatizada.....	101
4.	IMPLEMENTACIÓN.....	103
4.1	PROCEDIMIENTOS REALIZADOS.....	103
4.1.1	Prueba con el sensor de intensidad lumínica (BH1750).....	103
4.1.2	Pruebas con el sensor de humedad de la tierra (FC-28).....	107
4.1.3	Prueba con el sensor de humedad relativa y temperatura (DHT11).....	110
4.1.4	Pruebas con el sensor de calidad del aire (MQ135).....	114
5.	DESCRIPCIÓN ECONÓMICA DEL TRABAJO DE GRADO.....	119
6.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	122
7.	CONCLUSIONES.....	123
8.	TRABAJOS FUTUROS.....	124
	BIBLIOGRAFÍA.....	125
	Anexos	135

LISTADO DE TABLAS

<i>Tabla 1. Descripción, materiales de implementación y tipo de hortalizas o frutas que se pueden cultivar dependiendo el diseño de la huerta.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 2. Tabla resumen de posibles hortalizas a sembrar.</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 3. Sensores de temperatura y humedad relativa.</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 4. Sensores de calidad del aire.</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 5. Sensores de intensidad lumínica.</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 6. Sensores de humedad del suelo.</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 7. Costo Final de la Implementación</i>	<i>119</i>

LISTADO DE FIGURAS

<i>Figura 1. Huerta Indoor</i>	29
<i>Figura 2. Cultivos</i>	31
<i>Figura 3. Riegos por goteo.</i>	32
<i>Figura 4. Huertas verticales o horizontal.</i>	41
<i>Figura 5. Huerta de chorizo.</i>	42
<i>Figura 6. Huerta de contenedor</i>	43
<i>Figura 7. Huerta de hidropónica.</i>	44
<i>Figura 8. Siembra directa.</i>	45
<i>Figura 9. Siembra indirecta.</i>	46
<i>Figura 10. Vivienda autoconstruida.</i>	47
<i>Figura 11. Desaprovechamiento de espacios libre.</i>	48
<i>Figura 12. Contaminación dentro de las viviendas.</i>	49
<i>Figura 13. Hacinamiento de familias por falta de espacios.</i>	51
<i>Figura 14. Contaminación dentro de las viviendas.</i>	52
<i>Figura 15. Zanahoria Baby.</i>	54
<i>Figura 16. Remolacha.</i>	54
<i>Figura 17. Acelga.</i>	55
<i>Figura 18. Tomillo.</i>	56
<i>Figura 19. Albahaca.</i>	57
<i>Figura 20. Cilantro.</i>	57
<i>Figura 21. Brócoli.</i>	58
<i>Figura 22. Cebollín.</i>	59
<i>Figura 23. Rábano.</i>	60
<i>Figura 24. Menta.</i>	60
<i>Figura 25. Pepino.</i>	61
<i>Figura 26. Lechuga.</i>	62
<i>Figura 27. Vista superior de la Huerta Indoor.</i>	70
<i>Figura 28. Diseño de medidas Huerta Indoor.</i>	70
<i>Figura 29. Contenedor Tarjeta Inteligente.</i>	72
<i>Figura 30. Conexión DHT11 al microcontrolador.</i>	72
<i>Figura 31. Conexión BH1750 al microcontrolador.</i>	73
<i>Figura 32. Estructura de la Huerta Indoor.</i>	74
<i>Figura 33. Instalación de vidrios y ventilador.</i>	75
<i>Figura 34. Mezcla del abono con la turba.</i>	76
<i>Figura 35. Forro plástico para impermeabilización.</i>	76
<i>Figura 36. Ubicación sensor de humedad del suelo FC28.</i>	77
<i>Figura 37. Ubicación sensor de temperatura y humedad DHT11.</i>	77
<i>Figura 38. Ubicación sensor de intensidad lumínica BH1750.</i>	78
<i>Figura 39. Canales de desagüe.</i>	78
<i>Figura 40. Fase inicial de contenedor de la tarjeta inteligente.</i>	79
<i>Figura 41. Sensor de calidad del aire MQ135 en tarjeta inteligente.</i>	79

Figura 42. Sensor de temperatura y humedad relativa DHT11 en tarjeta inteligente.	80
Figura 43. Parte frontal de la tarjeta inteligente.	80
Figura 44. Fase final de la tarjeta inteligente.	81
Figura 45. Tarjeta inteligente sensando variables ambientales en el baño.	81
Figura 46. Tarjeta inteligente con la luz ambiente de la sala a horas del mediodía.	82
Figura 47. tarjeta inteligente sensando variables ambientales al aire libre.	82
Figura 48. Tarjeta inteligente sensando en la cocina.	83
Figura 49. Control de para Huerta Indoor Automatizada.	84
Figura 50. Huerta Indoor Automatizada con todos los sensores funcionando.	85
Figura 51. Funcionamiento del sensor y actuador de temperatura.	86
Figura 52. Funcionamiento de los sensores y actuadores para temperatura y humedad de la tierra.	87
Figura 53. Funcionamiento de los canales de recolección de aguas residuales.	88
Figura 54. Gráfica de características típicas de sensibilidad.	91
Figura 55. Sensor de humedad relativa y temperatura (DHT11).	93
Figura 56. Sensor de intensidad lumínica (BH1750).	94
Figura 57. Gráfica de característica típica de medición del sensor BH 1750.	94
Figura 58. Sensor de intensidad lumínica.	95
Figura 59. Liquid Crystal Display de 16x2.	96
Figura 60. Diagrama de conexión tarjeta inteligente.	97
Figura 61. Diagrama de conexión Huerta Indoor.	98
Figura 62. Tarjeta inteligente funcionando en la sala de la vivienda seleccionada.	100
Figura 63. Huerta Indoor Automatizada funcionando en la sala de la vivienda seleccionada.	102
Figura 64. Conexión de sensor BH 1750.	103
Figura 65. Diagrama de flujo para sensor BH 1750.	104
Figura 66. Nivel de luminosidad sensado con luz apagada.	105
Figura 67. Nivel de luminosidad sensado en la sala con luz ambiente.	105
Figura 68. Nivel de luminosidad sensado con exposición al sol.	106
Figura 69. Nivel de luminosidad sensado en las tres condiciones.	106
Figura 70. Conexión del sensor de humedad de la tierra FC82.	107
Figura 71. Diagrama de flujo para sensor FC 28.	108
Figura 72. Valores de medición sin contacto alguno.	108
Figura 73. Valores de medición en agua potable.	109
Figura 74. Medición en agua potable.	109
Figura 75. Valores de medición en agua salada.	110
Figura 76. Medición en agua salada.	110
Figura 77. Conexión de sensor de humedad relativa y temperatura (DHT11).	111
Figura 78. Diagrama de flujo para sensor DHT11.	112
Figura 79. Valores de medición del sensor en habitación.	112
Figura 80. Valores de medición del sensor en la ducha.	113
Figura 81. Medición de humedad en la ducha.	113
Figura 82. Valores de medición del sensor debajo del lavadero.	114
Figura 83. Medición de humedad debajo del lavadero.	114
Figura 84. Conexión del sensor de calidad del aire MQ135.	115

<i>Figura 85. Diagrama de flujo para sensor MQ135. -----</i>	<i>115</i>
<i>Figura 86. Valores de medición del sensor en habitación, exposición ambiente. -----</i>	<i>116</i>
<i>Figura 87. Valores de medición del sensor a exposición a gas en cocina. -----</i>	<i>117</i>
<i>Figura 88. Prueba niveles de medición del sensor expuesto a gas. -----</i>	<i>117</i>
<i>Figura 89. Valores de medición del sensor en cocina, exposición al alcohol.-----</i>	<i>118</i>
<i>Figura 90. Prueba niveles de medición del sensor expuesto a alcohol. -----</i>	<i>118</i>

LISTA DE ANEXOS

<i>Anexo A : Código de sensor de luminosidad (BH1750).....</i>	<i>135</i>
<i>Anexo B: Código de sensor de humedad relativa de la tierra (FC28).....</i>	<i>135</i>
<i>Anexo C: Código de sensor de temperatura y humedad relativa del ambiente (DHT11).....</i>	<i>136</i>
<i>Anexo D: Código de sensor de calidad del aire (MQ135).....</i>	<i>136</i>
<i>Anexo E: Manual de instalación.</i>	<i>137</i>

INTRODUCCIÓN

La Universidad Católica de Colombia se centra en el fortalecimiento de un estado de conciencia personal y comunitaria que posibilite el afianzamiento de los principios institucionales y valores morales, en búsqueda de la coherencia entre el pensamiento, el sentimiento, la palabra y la acción de los miembros de la comunidad universitaria con su entorno¹. En estas instancias se consolidan proyectos de responsabilidad social, semilleros de investigación en los cuales se realizan proyectos de integración de la tecnología con la agricultura.

El AgroloT es un proyecto dentro del programa institucional que consiste en sistemas de agricultura urbana de participación y producción comunitaria de agricultura, enfocado en internet de las cosas (IoT), que comprende el programa institucional de Yomasa desde el año 2009.

Con este fin se proponen trabajos de grado que mejoren la calidad de vida de la sociedad.

La idea en que se basa este trabajo de investigación consiste en una tarjeta de medición de variables ambientales, la cual recopilará los datos del ambiente (temperatura, humedad ambiente y calidad del aire), con el fin de recolectar y analizar estas variables, para decidir la ubicación óptima para una huerta en un espacio cerrado de área reducida. En el trabajo de grado se implementará una Huerta Indoor Automatizada que hace parte de la iniciativa de AgroloT, como un prototipo funcional de un sistema de control para siembras urbanas, con esta se espera sensar las variables que afectan las siembras y controlar como primera medida la humedad de los cultivos.

Teniendo como base la implementación de un sistema de agricultura urbana de participación y producción comunitaria y como una estrategia para mejorar la calidad de vida de las personas que adopten este tipo de huertas automatizadas, se busca que este tipo de iniciativas afecten de manera positiva al generar más opciones de ingresos económicos y posibilidades de una alimentación con mayor grado de nutrición; por medio de la agricultura urbana y el internet de las cosas ayudando así al mejoramiento de las condiciones de vida en el territorio colombiano.

Este trabajo de grado impacta de manera positiva en las mejoras del estilo de vida, ya que fortalece los ámbitos sociales y culturales, también la capacidad de los hogares para producir, comprar y consumir alimentos más económicos y de mejor calidad. En este trabajo de grado se busca, aparte de facilitar la toma de decisiones al momento de ubicar una huerta Indoor en espacios cerrados de áreas reducidas, como casas apartamentos u oficinas por medio de una tarjeta de medición de variables ambientales,

¹Departamento de humanidades. Responsabilidad social [En línea]. Universidad Católica de Colombia. [Bogotá, Colombia]: Mar. 2018, Disponible en Internet: <<https://www.ucatolica.edu.co/portal/responsabilidad-social-un-compromiso-primordial-de-la-universidad/>>

también se busca implementar una huerta Indoor automatizada con base en los cultivos urbanos y el internet de las cosas (IoT).

La agricultura urbana es una actividad que busca generar aumentos en la siembra de productos tales como frutas, verduras, entre otros, sin necesidad de tener grandes áreas de terreno o un gran número de recursos humanos dentro de las ciudades, trayendo no solo beneficios alimentarios, sino también beneficios ambientales².

Teniendo en cuenta el contexto de la agricultura urbana y la iniciativa de AgroIoT, se plantea el desarrollo de una tarjeta de mediciones ambientales que permite obtener la información sobre los diferentes variables ambientales necesarias para la ubicación de una huerta Indoor en las viviendas, como lo son la temperatura, la humedad del aire, y la luminosidad, ya que todos los lugares de la casa no cuentan con los mismos parámetros o características en dimensiones y estructuras internas como es el caso de Yomasa. Donde muchas de las viviendas son autoconstruidas, es decir no cuentan con los estándares regulares por lo que tienen diferentes dimensiones y estructuras internas.

El crecimiento de las plantas no solo depende de los nutrientes de la tierra, sino también de la variables ambientales medibles como la temperatura, humedad ambiente, calidad del aire, entre otros, siendo estas las variables ambientales que se medirán con la tarjeta, con el fin de que las familias puedan tener claro donde es más óptimo implementar la huerta dependiendo de las características de la siembra, y así acceder con mayor facilidad a alimentación de alto nivel nutritivo como lo es la espinaca, entre otros productos de fácil cultivo en espacios cerrados.

La espinaca fue uno de los productos seleccionados por expertos en agricultura (AgroSabía), como una alternativa viable por su fácil crecimiento en diversas condiciones ambientales, también por su alto nivel nutricional y su sencilla manera de cultivar, en el cual no se requieren grandes espacios.

Palabras clave: Huerta Indoor, tarjeta medidora, variables ambientales, automatizada, inteligente, verticales, plantas, espinaca, tomillo.

² CHACON, Gustavo. Agricultura Inteligente [En línea]. [Santiago, Chile]: La Huerta Digital, Jun. 2018, Disponible en Internet: <<https://agriculturers.com/que-es-la-agricultura-inteligente>>

1. GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

Los cultivos urbanos traen su historia desde la Segunda Guerra Mundial en Estados Unidos, en sus orígenes se le denominaba como “war gardens” del inglés jardines de guerra. Se convierten entonces en indispensables ya que durante las dos grandes guerras muchos países europeos no se podían permitir depender de las importaciones y había que asegurar el alimento³.

En una gran variedad de países se usaron diversidad de terrenos para este tipo de cultivo urbano, como campos de fútbol o parques y jardines, acompañándolo de propaganda para fomentar su uso. A partir de los años 60 vuelven a resurgir, pero ya de la mano de movimientos ecologistas y de rechazo al sistema. En Cuba se está implantando los cultivos urbanos como una alternativa eficaz a la cesta de la compra en los supermercados⁴.

A partir de los años 90 es cuando se comienza a fomentar alrededor del mundo el uso de terrenos municipales para la creación de huertos urbanos. En un principio eran solo asociaciones y colectivos quienes daban buen uso a estos espacios, pero con el tiempo eran cada vez más las familias que ocupaban estos espacios, haciendo que su popularidad fuera en aumento, también se estimaba que muchas personas que viven en ciudades sienten la necesidad de tener un pequeño contacto con la naturaleza haciendo así que las huertas sean una buena alternativa para alcanzar este fin⁵.

Con el cambio de siglo y la revolución tecnológica nacen nuevas tendencias en el eje de huertas Indoor o huertas en casa basadas en tecnología LED y sistemas hidropónicos (método utilizado para cultivar plantas usando disoluciones minerales en vez de suelo agrícola), lo que permite el crecimiento de las plantas durante todo el año, lo cual facilita la posibilidad de cultivar sin tener lapsos de tiempo en pausa para mantener una cosecha en todo momento⁶.

En el proyecto de huertas hidropónicas, por medio de la agricultura urbana se encuentran soluciones para población de escasos recursos, mediante el desarrollo de huertas. La hidroponía es una técnica milenaria de cultivo que permite, a quienes menos

³REY, José. Origen de los huertos urbanos [En línea]. [Bogotá, Colombia]: Dic. 2019, Disponible en Internet: <<https://www.sostenibilidad.com/construccion-y-urbanismo/origen-de-los-huertos-urbanos/>>

⁴SANCHEZ, Alfonso. Historia y evolución de los huertos urbanos [En línea]. [San Juan de Alicante, España]: Planeta Huerta, Dic 2019, Disponible en Internet: <https://www.planetahuerto.es/revista/historia-y-evolucion-de-los-huertos-urbanos_00148>

⁵SANCHEZ, Alfonso. Historia y evolución de los huertos urbanos [En línea]. [San Juan de Alicante, España]: Planeta Huerta, Dic 2019, Disponible en Internet: <https://www.planetahuerto.es/revista/historia-y-evolucion-de-los-huertos-urbanos_00148>

⁶FERNANDEZ, Simón. huerta a casa gracias a la tecnología [En línea]. [Madrid, España]: Unidad Editorial, Feb. 2017, Disponible en Internet: <<https://buhomag.elmundo.es/entretenimiento/una-huerta-en-casa-gracias-a-tecnologia/>>

tienen, producir en sus predios los alimentos de los que hoy carecen. Este trabajo de grado tendrá como objetivo primordial, que las poblaciones en situación de extrema pobreza de los asentamientos tengan la oportunidad de acceder a la simplicidad y el bajo costo de producción autónoma de verduras y frutas hidropónicas a nivel urbano⁷.

Así como en San Miguel de Tucumán en diciembre del 2014, Barbara Degenhart comenta que el diseño de los espacios urbanos representa un desafío central del siglo XXI. Al mismo tiempo que la heterogeneidad de la población aumenta, la demanda de alimentos también asciende constantemente los ciudadanos necesitan estrategias multifuncionales para un vivir digno. Una de ellas puede ser la agricultura urbana, ya que del 15% al 20% de la producción mundial de alimentos proviene de ciudades. La ventaja y característica principal de las huertas urbanas es la contribución al sistema social, ecológico y al régimen económico de una ciudad⁸.

Continuamente en Mendoza argentina para mediados del 2014, Leslie Vorraber junto a Sebastián Lozada y Erick Fernández, están llevando a cabo un Programa de Desarrollo de Agricultura Urbana en sus sedes institucionales. Este programa tiene como objeto, la creación de modelos de huertas orgánicas con distintos sistemas de producción y diseño, para ser utilizado como modelo a promover en espacios productivos de las comunidades. Se trabaja con modelos de producción sostenidos en el tiempo, con monitoreo y evaluación de los parámetros fisicoquímicos de los componentes de cada sistema. Esto permite verificar el óptimo desarrollo de los espacios productivos y el uso de "especies de estación" que se adaptan al ambiente y el clima de la Ciudad de Buenos Aires⁹.

En agosto del 2017, Catalina Clavijo Palacios realizó una investigación sobre la sustentabilidad de 86 huertas urbanas y periurbanas en Quito en 2012, enmarcadas en tres modelos de gestión públicos y privados. La sustentabilidad fue medida mediante 26 indicadores, y 36 subindicadores económicos, ambientales, socioculturales y tecnológicos; junto con información cualitativa obtenida mediante entrevistas semiestructuradas. Si bien todas las huertas estuvieron sobre el umbral de sustentabilidad, se apuntan aspectos que requieren ser revisados para mejorar su desempeño, relacionados con el agua, semillas, asistencia técnica, entre otros¹⁰.

⁷ LANZA, Aquiles. Huertas hidropónicas [En línea]. [Bogotá, Colombia]. Noticias Financieras, (Ago, 2005). disponible en Internet: <https://search-proquest-com.ucatolica.basesdedatossezproxy.com/docview/465970610?accountid=45660>

⁸ DEGENHART, Barbara. Huertas urbanas: Lugares de oportunidades: [En línea]. [Madrid, España]: Población y sociedad, Abr. 2014, Disponible en Internet: <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-85622014000200013&lng=es&tlng=es.>

⁹ VORRABER, Leslie. Ecología urbana: diseño de espacios productivos comunitarios. [En línea]. [Mendoza, Argentina]: Multequina, Sep. 2014, Disponible en Internet: <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-73292014000200001&lng=es&tlng=es.>

¹⁰ CLAVIJO, Catalina. La sustentabilidad de las huertas urbanas [En línea]. [Quito, Ecuador]. Letras Verdes, Disponible en Internet: <<https://dx.doi.org/10.17141/letrasverdes.21.2017.2608>>

En Lisboa, en el año 2014 es creciente el fenómeno de las huertas urbanas en Lisboa donde cada vez son más los que se animan a seguir esta moda, Una de ellas es Carina Ferreira, quien cada día, al salir del trabajo, dedica unos minutos a su pequeña huerta, de menos de dos metros cuadrados, montada verticalmente, sobre estructuras específicas para ello se decidió a emprender esta aventura por su progenitora¹¹.

Se inicia entonces por el mundo una actividad que impacta en la cultura de la siembra, un proyecto que busca compartir una experiencia colectiva de producción de alimentos en ámbitos urbanos, utilizando la gran cantidad de terrenos desaprovechados en la ciudad de Asunción, explican los agrónomos que trabajan en la asociación Karu, la rama paraguaya de la organización internacional, impulsora de la iniciativa en 2015. La organización busca acercar a la gente al origen del alimento, para que entre en contacto con la tierra y valore el trabajo de los campesinos, como forma de tomar decisiones conscientes como consumidores¹².

Para julio de 2016 en Newark, David Rosenberg experto en granjas verticales, con la misión de construir granjas en varias ciudades para que todas las personas tengan acceso alimentos frescos de gran sabor y altamente nutritivo, se realiza por medio de la tecnología aeropónico que permite economizar el 95% de agua que un campo ordinario utilizando telas reutilizables una nueva forma para alimentar el planeta con menos tierra y menos agua¹³.

Los Módulos para Huertas Urbanas verticales nacen como un híbrido de los jardines verticales y la agricultura urbana, los beneficios que los módulos para huertas urbanas verticales brindan son múltiples, el más significativo es el hecho de consumir alimentos libres de químicos, no transgénicos, regados con agua potable y orgánicos 100%. Se presenta esta iniciativa liderada por Fritz Hammerling Navas Navarro y Luz Mila Peña Torres en el año 2013¹⁴.

En el año 2018, Al-Kodmani Kheir analiza la necesidad emergente de granjas verticales mediante el examen de cuestiones relacionadas con seguridad alimentaria, crecimiento de la población urbana, escasez de tierras agrícolas, millas de alimentos e invernadero

¹¹ FERREIRA, Carina. Las huertas urbanas verdes. [En línea]. [Lisboa, Portugal]: EFE News Service, Jul, 2014. Disponible en Internet: <https://search-proquest-com.ucatolica.basesdedatosezproxy.com/docview/1545214055?accountid=45660>

¹² SALVADOR, Juan. Las huertas urbanas y trabajo agrícola. [En línea]. [Asunción, Paraguay]: EFE News Service, Ago, 2015. Disponible en Internet: <https://search-proquest-com.ucatolica.basesdedatosezproxy.com/docview/1700519780?accountid=45660>

¹³ ROSEMBERG, David, Sostenibilidad Procesos agrícolas Desarrollo sostenible; [Bogotá:Colombia]. (Feb, 2016). UPCD disponible en: <<https://www-virtualpro-co.ucatolica.basesdedatosezproxy.com/videos/esta-huerta-del-futuro-no-utiliza-suelo-y-95-menos-agua>>

¹⁴ NAVAS, Felix. Los diseños verticales y la agricultura unidos para la producción de alimentos. [En línea]. [Cusco, Perú]: Investigación Agraria y Ambiental, Mar, 2012. Disponible en Internet: <<http://search.ebscohost.com.ucatolica.basesdedatosezproxy.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=90223655&lang=es&site=ehost-live>>.

asociado emisiones de gases los líderes agrícolas han argumentado que las ciudades necesitarán producir alimentos internamente para responder a la demanda aumentando la población y evitar la parálisis congestión, como solución a estos problemas fusionando la producción y el consumo de alimentos en un solo lugar, la granja vertical es adecuada para áreas urbanas donde la tierra disponible es limitada y costosa¹⁵.

En estudios para Colombia se ha avanzado gracias a la oportunidad de conocer los criterios tecnológicos y socioeconómicos de sostenibilidad necesarios para construir políticas públicas de agricultura urbana a favor de la seguridad alimentaria, Juan Carlos Domínguez secretario del ministerio de cultura explica el rol que juega la agricultura urbana para la superación de la pobreza. En Bogotá, Medellín y Cartagena, los gobiernos y la cooperación internacional se encuentran capacitando a más de 50.000 personas para realizar huertas en diversos espacios urbanos que incluyen terrazas, azoteas y patios traseros. Se estima que las familias involucradas ahorran 1,3 dólares diarios por la siembra de alimentos 2010¹⁶.

En relación con las ayudas y capacitaciones del gobierno, Graciela María Galeano comenta cómo se capacitan familias campesinas colombianas, las cuales se autoabastecen con sus propias huertas; de las cuales extraían legumbres, hortalizas y frutas para alimentarse diariamente además de brindarte ingredientes para exquisitos manjares, beneficiará tu bolsillo. Muchos optan por crear su propia huerta urbana, entre el humo y el concreto de la ciudad¹⁷. Según datos proporcionados por la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura en Colombia, la agricultura urbana es practicada por 800 millones de personas en todo el mundo y ayuda a los residentes urbanos de bajos ingresos a ahorrar dinero en la compra de alimentos¹⁸.

En proyectos de internalización, las asociaciones unidas trabajan en las huertas urbanas comenzaron a trabajar con familias de las principales ciudades para que aprendan cómo cultivar en medio de la ciudad para el 2013, el proyecto comienza desde principios del 2008, el modelo de la cooperativa de negocios permitirá que todas las familias que forman parte del programa puedan sumar sus esfuerzos para vender el exceso de alimentos que produzcan a otros vecinos del área, creando así

¹⁵ KODMANY, Kheir, The Vertical Farm: A Review of Developments and Implications for the Vertical City; [Los angeles: USA]. (Ago, 2018). UPCD disponible en: <<https://www-virtualpro-co.ucatolica.basesdedatosezproxy.com/biblioteca/huertas-verticales-revision-sobre-avances-e-implicaciones-para-la-ciudad-vertical>>

¹⁶ MENDEZ, Marcos. Huerta urbana, Un hobby que beneficia al bolsillo [En línea]. [Santiago, Chile]: AGRICULTURA COMUNIDAD, Jun. 2019, Disponible en Internet: <https://search-proquest-com.ucatolica.basesdedatosezproxy.com/docview/2233039098/950>

¹⁷ JIMENEZ, Alfredo. Huertas hidropónicas para sociedades urbanas; [source: La república]. (Ago, 2005). NoticiasFinancieras disponible en: <<https://search-proquest-com.ucatolica.basesdedatosezproxy.com/docview/465970610?accountid=45660>>

¹⁸ DOMINGUEZ, Francisco. Huertas urbanas solución al hambre [En línea]. [Santiago, Chile]: Retrieved Community, Mar. 2010, Disponible en Internet: <<https://search-proquest-com.ucatolica.basesdedatosezproxy.com/docview/336822705?accountid=45660>>

fuentes de empleo y acceso a alimentos saludables por medio de la agricultura urbana¹⁹, apostando a los mecanismos para solucionar problemas de seguridad alimentaria afrontando la pobreza urbana constituyendo como fuente de ingresos en familias de escasos recursos, brindarle a la ciudad y la comunidad en la que se inserta un espacio para el aprendizaje práctico de una actividad²⁰.

En esta revolución se da también el Internet de las Cosas (IoT), aunque de este ya se ha predicho su aparición en los tiempos de Nikola Tesla, cuyas patentes y trabajos teóricos conformaron la base de las comunicaciones inalámbricas y para el año de 1999 Kevin Ashton, da una conferencia en "Procter & Gamble" donde habla por primera vez del concepto de "Internet of Things" o Internet de las Cosas²¹.

De todo esto finalmente se da una convergencia, en la cual las huertas se comunican con sus respectivos servidores para que sus dueños puedan monitorear y realizar acciones sobre esta, según requiera el cultivo, suministrando también datos importantes a tener a consideración para una recolección perfecta y a tiempo, como lo son la humedad del ambiente, el nivel de pH de la tierra y la luminosidad.

El grupo de trabajo Miguel A. Zamora Izquierdo José Santa Juan Martínez Vicente Martínez Antonio Skármeta en octubre de 2018 debido a que las tecnologías de la agricultura de alta precisión (AP), se limita a escenarios específicos de alto costo, y no están adaptados a condiciones semiáridas, proponen una plataforma flexible capaz de hacer frente a las necesidades de cultivo sin suelo, en invernaderos de recirculación completa utilizando agua para reemplazar este. El proyecto se basa en un hardware intercambiable de bajo costo y es compatible con una plataforma de software de código abierto de tres niveles en planos locales, de borde y en la nube.

En el primer plano, que es el plano local, los Sistemas Ciber Físicos (CPS), interactúan con los dispositivos de cultivo para recopilar datos y realizar acciones de control atómico en tiempo real. El siguiente plano o plano de borde de la plataforma se encarga de monitorear y administrar las principales tareas de la agricultura de precisión cerca de la red de acceso, para aumentar la confiabilidad del sistema contra fallas de acceso a la red. Finalmente, en el último plano, se recopila registros actuales y pasados y aloja módulos de análisis de datos en una implementación de FIWARE. Protocolos de IoT como transporte de telemetría de cola de mensajes (MQTT) o protocolo de aplicación restringida (CoAP) se utilizan para comunicarse con los sistemas ciber físicos. El sistema se ha instanciado por completo en un prototipo real en marcos del proyecto

¹⁹ GOMEZ, Graciela. Huertas en el mundo, [En línea]. [Zaragoza, España]: agricultura mundial EGT, Abr. 2019, Disponible en Internet: <<https://agroenelmundo.com.jsmqebmqwsmio/465970610? =33m>>

²⁰ MIRAVAL, Francisco. Desarrollo huertas urbanas en comunidad [En línea]. [Quito, Ecuador]: agriculturacomunidad, Jun. 2013, Disponible en Internet: <<https://search-proquest-com.ucatolica.basesdedatosezproxy.com/docview/1364540955?accountid=45660>>

²¹ CENDÓN, Bruno. Origen del IoT [En línea]. [Palo Alto, USA]: Unidad RSSS, Ene. 2017, Disponible en Internet: <<http://www.bcendon.com/el-origen-del-iot/>>

Drain Use de la UE, lo que permite el control de un sistema cerrado hidropónico real a través del software de gestión para los agricultores finales conectados a la plataforma²².

En este sentido, en el departamento del Atlántico, Colombia, Manihot Esculenta Crantz desarrolla un prototipo de monitoreo para variables agronómicas en cultivos de yuca, basado en WSN utilizando motas Z1 como plataforma de hardware y el sensor de temperatura y humedad del suelo SHT11. El sistema operativo utilizado fue Contiki, y el protocolo de enrutamiento fue RPL. Las métricas de rendimiento de red evaluadas fueron pérdida de paquetes, RSSI (Indicador de intensidad de señal recibida), LQI (Indicador de calidad de enlace) y tiempo de convergencia de red. Entonces, un modelo de implementación que utiliza la notación Schläfli para determinar la ubicación y el número de nodos, también calculamos el rango de cobertura de los nodos para mantener la uniformidad de la red. Con estos cálculos, obtuvimos los presupuestos de enlace entre las motas, y los resultados se validaron con el software RadioMobile. Luego, se realizaron campos de prueba en un cultivo de yuca ubicado en la ciudad de Manatí, Atlántico. Finalmente, con la ayuda de la arquitectura del cliente del servidor XAMPP, todos los datos se almacenaron y visualizaron a través de SIMCA, (Sistema de información y monitoreo de cultivos agrícolas)²³.

En el estudio de IoT implementado en cultivos, se desarrolla e integra específicamente un sistema de detección de bajo costo con aplicación de fertilizantes sobre la marcha para cultivos de plantación, como el café y el cacao. El aparato desarrollado aquí se puede utilizar para detectar deficiencias de nutrientes, especialmente el nitrógeno, utilizando el enfoque de clorofila, al tiempo que proporciona una salida precisa de las cantidades de fertilizante necesarias para corregir estas deficiencias. El sistema de detección consta de sensores rojos, verdes y azules (RGB) y varios sensores de soporte, incluido el sistema de posicionamiento global (GPS) y el lector de respuesta rápida (QR), y actuadores para aplicar la cantidad de fertilizante. Los índices proporcionados por los sensores RGB en el sistema de detección portátil estaban cerca de las estimaciones de contenido de clorofila proporcionadas por las lecturas SPAD 502-Plus ($R^2 > 0.93$; $n = 1000$).

Por lo tanto, este sistema de detección de bajo costo, junto con la aplicación de fertilizantes sobre la marcha, será útil para la medición rápida de los requisitos de

²² ZAMORA, Miguel. Smart farming IoT platform based on edge and cloud computing. [En línea]. [Murcia, España]: Biosystems Engineering, (Mar, 2019). Disponible en Internet: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511018301211>>

²³ CAICEDO, José. Monitoring system for agronomic variables based in WSN technology on cassava crops, [En línea]. [Manatí, Colombia]: ISSN, (Jul, 2014) Disponible en Internet: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169917310189>>

nutrientes de los productos básicos de múltiples plantaciones, como el café y el cacao, y la aplicación de fertilizantes en diversas condiciones de campo²⁴.

Con el avance de las tecnologías del Internet de las Cosas (IOT), se amplía el desarrollo de las tecnologías de detección, comunicación inalámbrica e Internet, ahora vivimos en un mundo lleno de varias cosas inteligentes siendo el Internet de las Cosas (IOT). Este campo tiene como objetivo revelar los comportamientos individuales, los contextos espaciales, así como los patrones sociales y la dinámica urbana mediante la extracción de los rastros digitales que dejan las personas al interactuar con Internet de cosas inteligentes, cámaras, autos inteligentes, tarjetas inteligentes, entre otras. En el sector agrícola, agregamos la extracción de tecnología existente (libros, artículos, planos) para generar ontologías de alta profundidad o metadatos y extracción de conocimiento de Big Data para razonar y tomar decisiones proactivas utilizando información de datos abiertos, análisis de datos inteligentes para descubrir nuevos conocimientos de los registros de datos.

En el documento se discute la historia de la investigación, las características, la arquitectura general, las principales aplicaciones y los problemas de investigación de la IE y ejemplifica una aplicación del equipo en el riego inteligente IoT. El propósito de presentarlo como una Hoja de ruta tecnológica (TRM) fue aclarar los desafíos y las oportunidades en el área general de las "Tecnologías de construcción inteligente" (IBT) y más específicamente a los invernaderos inteligentes, el riego o la gestión inteligentes de cultivos. La comprensión de la agricultura inteligente es importante para que la comunidad científica la identifique como un problema importante porque es necesario que las naciones desarrollen y adopten estas tecnologías emergentes²⁵.

La agricultura sigue siendo un sector vital para la mayoría de los países. Presenta la principal fuente de alimentos para la población del mundo. Sin embargo, se enfrenta a un gran desafío: producir más y mejor al tiempo que aumenta la sostenibilidad con un uso razonable de los recursos naturales, reduce la degradación ambiental y se adapta al cambio climático. Por lo tanto, es extremadamente importante cambiar de los métodos agrícolas tradicionales a la agricultura moderna. Smart Agriculture es una de las soluciones para hacer frente a la creciente demanda de alimentos y cumplir con los requisitos de sostenibilidad. En Smart Agriculture, el papel de la información está aumentando; información sobre condiciones climáticas, suelos, enfermedades, insectos, semillas, y fertilizantes. Constituye una contribución importante al desarrollo económico y sostenible de este sector.

La gestión inteligente consiste en recopilar, transmisión, selección y análisis de datos. A medida que la cantidad de datos agrícolas aumenta significativamente, son

²⁴ BAYU, Taruna. New low-cost portable sensing system integrated with on-the-go fertilizer. [En línea]. [East Java, Indonesia]: EFE News Service,(Dec, 2019). Disponible en Internet: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263224120300993>>

²⁵ WU, Yong. Smart Sensors from Ground to Cloud and Web Intelligence, [En línea]. [Atenas, Grecia]:IFAC-Papers, (Mar. 2018), Disponible en Internet:<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S240589631831173X>>

esenciales técnicas analíticas robustas capaces de procesar y analizar grandes cantidades de datos para obtener información más confiable y predicciones mucho más precisas. Se espera que Data Mining desempeñe un papel importante en Smart Agriculture para gestionar el análisis de datos en tiempo real con datos masivos. El objetivo de este trabajo es revisar los estudios e investigaciones en curso sobre agricultura inteligente utilizando la práctica reciente de Minería de datos, para resolver una variedad de problemas agrícolas. Se espera que Data Mining desempeñe un papel importante en Smart Agriculture para gestionar el análisis de datos en tiempo real con datos masivos.

Se espera que Data Mining desempeñe un papel importante en Smart Agriculture para gestionar el análisis de datos en tiempo real con datos masivos. El objetivo de este trabajo es revisar los estudios e investigaciones en curso sobre agricultura inteligente utilizando la práctica reciente de Minería de datos, para resolver una variedad de problemas agrícolas²⁶.

La inversión social ha mostrado una importante disminución en el índice de pobreza en el país gracias a la incorporación de familias en programas de acompañamiento para su superación. En el año 2015 según el DANE²⁷, 4.6 millones de personas superaron la pobreza por ingresos y 2.6 millones dejaron de ser pobres extremos; sin embargo, la brecha en Colombia se mantiene, ya que 13 millones continúan clasificándose como de clase pobre, mientras que 1.1 millones se clasifican en clase alta.

Con esto, la Universidad Católica de Colombia cimenta uno de los compromisos de su misión en fomentar la educación como acto moral susceptible de valoración, y una alternativa para materializarlo es integrar las funciones sustantivas de la universidad de manera vinculante y sinérgica desde las direcciones de nivel central y entre los programas disciplinares que se ofrecen, por lo que se ha considerado pertinente tener como punto de partida fundamental para el programa uno de los soportes del PEI que promueven la cultura de la responsabilidad, la armonía del hombre con la naturaleza y la integridad con el medio ambiente²⁸.

²⁶ HASSINA, Isaad. A comprehensive review of Data Mining techniques in smart agriculture, [En línea]. [Ouzou,Algeria]:IFAC, (Oct. 2019), Disponible en Internet: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1881836619301533>>

²⁷ DANE, Pobreza multidimensional [En línea]. [Bogotá, Colombia]: Mar. 2018, Disponible en Internet: <<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/pobreza-y-desigualdad/pobreza-monetaria-y-multidimensional-en-colombia-2019>>

²⁸ Proyecto Educativo Institucional. Misión PEI [En línea]. Universidad Católica de Colombia. [Bogotá, Colombia]: Mar. 2018, Disponible en Internet: <<https://www.ucatolica.edu.co/portal/wp-content/uploads/adjuntos/reglamentos-y-estatutos/mision-PEI.pdf>>

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido al crecimiento de la población se presentan diversos problemas de escasez de recursos alimentarios, en las cuales se ven afectadas especialmente las comunidades de estratos bajos, por tal motivo en Colombia el Índice de Pobreza Multidimensional (IPM) se construye con base en cinco dimensiones: condiciones educativas del hogar, condiciones de la niñez y la juventud, salud, trabajo, y acceso a los servicios públicos domiciliarios y condiciones de la vivienda. Estas cinco dimensiones involucran quince indicadores. Según este índice IPM son considerados pobres los hogares que tengan privación en por lo menos el 33% de los 15 indicadores.

Las localidades que más cantidad de personas en pobreza multidimensional tienen son Usme y Ciudad Bolívar (8,9%)²⁹. Para el caso de la localidad de Usme, el 10,9% de la población se encuentra en pobreza multidimensional. Por otra parte, la dimensión de pobreza multidimensional en la que más se encuentran más personas en zonas vulnerables, como en el caso de la localidad de Usme, es la de salud (70,1%) y la dimensión de pobreza multidimensional que menos registra personas es la de vivienda (7,2%)³⁰. A nivel general el porcentaje de personas en pobreza multidimensional es el más alto, en comparación a las otras localidades. La tasa de desempleo se mide como la relación entre las personas que buscan trabajo, conocidos como desempleados, y la Población Económicamente Activa (PEA).

En cuanto a la población económicamente activa en Usme se tiene que, la población presenta una tasa que alcanzó el 10,4%, la cual se encuentra por encima del desempleo de la ciudad que alcanzó un 7,9%³¹. La situación nutricional es un indicador de las condiciones de salud de una población, reflejando su grado de seguridad alimentaria y nutricional. En ciertas localidades y barrios este problema es preocupante, como se evidencia en el estudio del 2017 realizado por el DANE³², en este se denota las consecuencias de la desnutrición, una problemática de salud, trayendo a esta, factores como la gestación de futuros daños irreparables a nivel cognitivo, incluyendo dificultades para respirar, edemas, menor inmunocompetencia y aumento de la

²⁹ Secretaría Distrital de Salud-Sistema de Vigilancia Alimentaria y Nutricional (SISVAN). Patrón OMS. DANE, Pobreza multidimensional [En línea]. [Bogotá, Colombia]: (May. 2019), Disponible en Internet: <<https://www.secretariadistritaldelanacion.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/pobreza-y-desigualdad-2018>>

³⁰ DANE, Mercado laboral. [En línea]. [Bogotá, Colombia]: May. 2019, Disponible en Internet: <<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/mercado-laboral>>

³¹ DANE, Documento 3407-2 Indicadores de índice y NBI. [En línea]. [Bogotá, Colombia]: SDP, May. 2017. Disponible en Internet: <<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/necesidades-basicas-insatisfechas-nbi>>

³² DANE, Documento 3407-2 Indicadores de índice y NBI. [En línea]. [Bogotá, Colombia]: SDP, May. 2017. Disponible en Internet: < <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/necesidades-basicas-insatisfechas-nbi>>

mortalidad³³.

Por otro lado, la localidad de Usme es una de las localidades que tiene más personas pobres por ingreso 34,1 %, es decir 130.593 personas³⁴. Adicionalmente, en esta localidad, según otros indicadores de las Necesidades Básicas Insatisfechas, también se encuentra el hacinamiento de 13.140 personas y una alta dependencia económica en 11.298 personas³⁵; por ende la suma de estos fatídicos indicadores conlleva a las comunidades a sufrir altos grados de desnutrición; por parte de la Universidad Católica de Colombia en sus áreas de investigación, induce a la participación de generar ideas innovadoras con alternativas tecnológicas para mejorar la calidad de vida y mitigar los índices de pobreza mencionados anteriormente, se propone la implementación de una tarjeta de medición de variables ambientales que facilite la toma de decisiones en la ubicación de una huerta Indoor; se planea implementar un prototipo, aspirando así, que en las comunidades se siga mejorando, desarrollando e implementado esta iniciativa, con apoyo de instructivos de uso, de construcción y formación en electrónica básica, esperando con esto la expansión del conocimiento en siembra de cultivos urbanos y electrónica básica; para así motivar una cultura de alimentación con altos estándares nutritivos. En este trabajo de grado se desea dar respuesta a la siguiente pregunta:

¿Qué diseño de huerta urbana Indoor es adecuada para cultivar alimentos que puedan mejorar los niveles de nutrición de las comunidades, en la comunidad de Yomasa, Usme?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general.

Implementar una huerta indoor automatizada, teniendo en cuenta las condiciones de confort térmico de las viviendas seleccionadas en Yomasa.

³³ DANE, Gestión Diferencial de Poblaciones Vulnerables [En línea]: [Bogotá, Colombia]: Ministerio de Salud y Protección Social, Mar 2014, Disponible en Internet: <<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/pobreza-y-desigualdad/pobreza-monetaria-y-multidimensional-en-colombia-2019>>

³⁴ DANE, Mercado laboral. [En línea]. [Bogotá, Colombia]: May. 2019, Disponible en Internet: <<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/mercado-laboral>>

³⁵ DANE, Cómo se mide el empleo en Colombia. [En línea]. [Bogotá, Colombia]: Jul. 2012, Disponible en Internet: <https://www.dane.gov.co/files/faqs/faq_ech.pdf>

1.3.2 Objetivos específicos.

- Investigar sobre los diferentes sensores y componentes electrónicos a implementar en la tarjeta de medición y en la huerta automatizada.
- Caracterizar las viviendas seleccionadas en término de su confort térmico.
- Diseñar la huerta Indoor para áreas reducidas dentro de una vivienda.
- Desarrollar el prototipo de la huerta Indoor automatizada.
- Validar el funcionamiento del sistema de automatización, así como del crecimiento del cultivo.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Los cultivos urbanos traen su historia desde la Segunda Guerra Mundial en Estados Unidos, en sus orígenes se le denominaba como “war gardens” del inglés jardines de guerra. Se convierten entonces en indispensables ya que durante las dos grandes guerras muchos países europeos no se podían permitir depender de las importaciones y había que asegurar el alimento³⁶.

En una gran variedad de países se usaron diversidad de terrenos para este tipo de cultivo urbano, como campos de fútbol o parques y jardines, acompañándolo de propaganda para fomentar su uso. A partir de los años 60 vuelven a resurgir, pero ya de la mano de movimientos ecologistas y de rechazo al sistema. En Cuba se está implantando los cultivos urbanos como una alternativa eficaz a la cesta de la compra en los supermercados³⁷.

A partir de los años 90 es cuando se comienza a fomentar alrededor del mundo el uso de terrenos municipales para la creación de huertos urbanos. En un principio eran solo asociaciones y colectivos quienes daban buen uso a estos espacios, pero con el tiempo eran cada vez más las familias que ocupaban estos espacios, haciendo que su popularidad fuera en aumento, también se estimaba que muchas personas que viven en ciudades sienten la necesidad de tener un pequeño contacto con la naturaleza haciendo así que las huertas sean una buena alternativa para alcanzar este fin³⁸.

³⁶REY, José. Origen de los huertos urbanos [En línea]. [Bogotá, Colombia]: Dic. 2019, Disponible en Internet: <<https://www.sostenibilidad.com/construccion-y-urbanismo/origen-de-los-huertos-urbanos/>>

³⁷SANCHEZ, Alfonso. Historia y evolución de los huertos urbanos [En línea]. [San Juan de Alicante, España]: Planeta Huerta, Dic 2019, Disponible en Internet: <https://www.planetahuerto.es/revista/historia-y-evolucion-de-los-huertos-urbanos_00148>

³⁸MONGE, Cristina. Huertos urbanos, la revolución silenciosa [En línea]. [Zaragoza, España]: Planeta Huerta, Ene 2018, Disponible en Internet: https://www.revistaesposible.org/numeros/72-esposible-45/109-huertos-urbanos-la-revolucion-silenciosa#.YADB_F5Kjcs

Con el cambio de siglo y la revolución tecnológica nacen nuevas tendencias en el eje de huertas Indoor o huertas en casa basadas en tecnología LED y sistemas hidropónicos (método utilizado para cultivar plantas usando disoluciones minerales en vez de suelo agrícola), lo que permite el crecimiento de las plantas durante todo el año, lo cual facilita la posibilidad de cultivar sin tener lapsos de tiempo en pausa para mantener una cosecha en todo momento³⁹.

En el proyecto de huertas hidropónicas, por medio de la agricultura urbana se encuentran soluciones para población de escasos recursos, mediante el desarrollo de huertas. La hidroponía es una técnica milenaria de cultivo que permite, a quienes menos tienen, como producir en sus predios los alimentos de los que hoy carecen. Este trabajo de grado tendrá como objetivo primordial que las poblaciones en situación de extrema pobreza de los asentamientos informales tengan la oportunidad de acceder a la simplicidad y el bajo costo de producción autónoma de verduras y frutas hidropónicas a nivel urbano⁴⁰.

Con este tipo de huertas inteligentes, dentro del marco institucional de Yomasa, se genera siembras de alta calidad en sus productos como las frutas o verduras, ya que el cultivo es controlado por medio de sensores, lo que permite que se optimicen recursos como el agua, abono, fertilizantes, entre otros. Acompañados de una siembra constante durante el año, generando una alternativa de ingresos a las familias que deseen adoptar este tipo de siembra.

Generando un tipo de solución tecnológica por medio de la ingeniería electrónica, aplicado a las huertas Indoor, con el objetivo que se comunican con sus respectivos servidores para que sus dueños puedan monitorear y realizar acciones sobre esta, según requiera el cultivo, suministrando también datos importantes a tener a consideración para una recolección perfecta y a tiempo, como lo son la humedad del ambiente, la temperatura y la luminosidad.

1.5 DELIMITACIÓN

Este trabajo de grado se ve limitado en las dimensiones y formas de las huertas debido a que muchas de las viviendas son autoconstruidas, es decir tienen diferentes estructuras, es posible que la huerta propuesta no se adapte a todas las viviendas.

³⁹FERNANDEZ, Simón. huerta a casa gracias a la tecnología [En línea]. [Madrid, España]: Unidad Editorial, Feb. 2017, Disponible en Internet:

<<https://buhomag.elmundo.es/entretenimiento/una-huerta-en-casa-gracias-a-tecnologia/>>

⁴⁰ LANZA, Aquiles. Huertas hidropónicas [En línea]. [Bogotá, Colombia]. Noticias Financieras, (Ago, 2005). disponible en Internet: <https://search-proquest-com.ucatolica.basesdedatosezproxy.com/docview/465970610?accountid=45660>

Este trabajo de grado se basa en el desarrollo de dos etapas, la primera etapa consiste en crear una tarjeta de mediciones de variables ambientales, la cual nos permita obtener información sobre las variables ambientales más adecuada para el cultivo, para así obtener una óptima decisión de la ubicación de la huerta Indoor en la vivienda, la segunda etapa se basa en la automatización de la huerta indoor, que contará con su respectivo circuito de control de sensores y actuadores, así como un sistema IoT para el control automatizado de las variables ambientales del cultivo, por medio de los actuadores y sensores instalados.

El manejo de la huerta será de forma sencilla, de manera que pueda ser utilizado por todos los usuarios sin dificultad alguna, por medio de un instructivo básico podrán hacer uso completo de esta huerta Indoor automatizada. Se considera un limitante, la disponibilidad de tiempo de los estudiantes y de los habitantes de las viviendas, para las visitas que se planeaban programar, con el fin de sensar las variables consideradas para la elección de la ubicación de la huerta, debido al aislamiento preventivo obligatorio decretado por las autoridades competentes por la pandemia que ha surgido para el segundo semestre del año 2020, además que este también impide que se trabaje con una comunidad por las diferentes restricciones en el país, sin embargo se espera poder aportar avances en Yomasa, como se ha manifestado anteriormente.

Con el uso de las herramientas tales como las telecomunicaciones y el internet de las cosas, y teniendo como precaución la emergencia sanitaria en la que vivimos actualmente, se espera que a futuro se realicen pruebas virtuales y mediciones a distancia al momento de implementar la tarjeta de medición de variables ambientales y la Huerta Indoor Automatizada.

A futuro se considera la posibilidad que alguna comunidad pueda replicar esta solución por medio de capacitaciones, también se espera que se realicen mejoras en el trabajo de grado; en conjunto con la Universidad Católica de Colombia se brinde el conocimiento suficiente en electrónica básica y manejo de la huerta, ya que en estas capacitaciones se planea dejar una guía de construcción de la Huerta Indoor Automatizada.

1.6 MARCO REFERENCIAL

En esta sección se describen los diferentes conceptos investigados para la realización de este trabajo de grado.

1.6.1 Marco teórico.

Huerta Indoor: Es una alternativa para el cultivo de hierbas y verduras frescas en los

hogares, una de sus características es que este tipo de huertas suele ser pequeñas, ya que se encuentran al interior de las viviendas como se observa en la figura 1. Es un método de cultivo inteligente en espacios reducidos aprovechando al máximo el espacio disponible, actualmente la población está innovando de una producción en el campo a una en la ciudad, debido a que son estructuras más livianas que aprovechan la altura para ganar superficie productiva⁴¹.

Figura 1. Huerta Indoor



Fuente: [En línea]. Disponible en Internet:
<https://co.pinterest.com/pin/609956343264666383/>

Cultivo inteligente: Es la aplicación de la tecnología de la información y comunicación en la agricultura, actualmente representa un potencial para un crecimiento en la sostenibilidad y productividad agrícola, por la cual se busca reducir y mejorar el uso de los recursos naturales mediante la aplicación de las tecnologías de información y datos⁴².

PH: Es la medición de acidez o alcalinidad que indica la cantidad de iones de hidrógeno presentes en una sustancia o elemento. En los cultivos el control del pH es importante ya que en los suelos y aguas agrícolas es uno de los aspectos más significativos en el crecimiento de la planta⁴³.

Desnutrición: La desnutrición es la carencia primaria de alimentos o proteínas, también es la falta de vitaminas y minerales que no permiten la absorción de los nutrientes necesarios para mantener el equilibrio del organismo. La desnutrición

⁴¹GARCIA, Jorge. Agricultura Indoor [En línea]. [Madrid, España]: La Huerta Digital, Feb. 2017, Disponible en Internet:

<<https://lahuertadigital.es/agricultura-indoor-cambiara-la-forma-alimentarnos/>>

⁴²CHACON, Gustavo. Agricultura Inteligente [En línea]. [Santiago, Chile]: La Huerta Digital, Jun. 2018, Disponible en Internet: <<https://agricultores.com/que-es-la-agricultura-inteligente>>

⁴³LIZARAZU, Diana. PH y sus aplicaciones [En línea]. [Lima, Perú]: La Agricultura Moderna, Jun. 2018, Disponible en Internet: <<https://www.monografias.com/docs/Importancia-Del-Ph-En-La-Agricultura-PKSJ35UPJ8GNZ>>

temprana disminuye la capacidad de aprendizaje, el rendimiento escolar, la productividad económica en la vida adulta y las capacidades para cuidar de las nuevas generaciones⁴⁴.

Confort: El confort es el placer o la comodidad que se puede brindar, ya sea en algo material como casa, carro, o también puede ser de tema ambiental como temperatura o la luminosidad, que generalmente las personas siempre buscan este tipo de confort para obtener unas comodidades. Es decir, cuando las condiciones de humedad, temperatura y circulación del aire son las adecuadas dependiendo de la situación.

Confort térmico: El confort térmico depende de las variables como la calidad y la circulación del aire y la temperatura al interior de una vivienda construida. Generalmente las personas califican confort térmico el medio ambiente en el que vivimos, donde dependiendo de la sensación térmica se adeudan al clima ya sea calor o frío para sentir satisfacción térmica.

Confort lumínico: Es una percepción que por medio del sentido de la vista podemos obtener si hay alta luminosidad o baja luminosidad. Este confort se refiere a diferentes aspectos físicos y psicológicos relacionados con la luz, ya que la sensación de bienestar es la combinación de calidad y cantidad de iluminación suministrada en cierto espacio para realizar diferentes cosas sin ninguna dificultad visual

Confort térmico: Es la manifestación subjetiva de conformidad o satisfacción con el ambiente existente. Se puede decir que existe confort térmico o sensación neutra respecto al ambiente favorable, cuando las personas no experimentan sensación de calor ni frío; es decir, cuando las condiciones de temperatura, humedad y movimiento del aire son favorables a la actividad que desarrollan⁴⁵.

Humedad en la tierra: Es un concepto esencial en los cultivos cuya necesidad de agua es incondicional. Humedad en la tierra es la absorción de agua en esta, capacidad que tiene el suelo dependiendo de su estructura para retener el agua y que esté disponible para las plantas, su medición se realiza por el procedimiento gravitacional tomando diferentes muestras para calcular su contenido de humedad⁴⁶.

Automatización: La automatización es el conjunto de elementos o procesos informáticos, mecánicos y electromecánicos que operan con mínima o nula intervención

⁴⁴SILVA, Germán. Desnutrición [En línea]. [Bogotá, Colombia]: CCAP, Jun. 2016, Disponible en Internet: <<https://scp.com.co/wp-content/uploads/2016/06/1.-Desnutricion.pdf>>

⁴⁵MARTÍNEZ, Ángel. Confort Térmico [En línea]. [Murcia, España]: Universidad de Murcia, Ene. 2019, Disponible en Internet: <[http://www.carm.es/web/Blob?ARCHIVO=FD-124.pdf&TABLA=ARCHIVOS&CAMPOCLAVE=IDARCHIVO&VALORCLAVE=120119&CAMPOIMAGEN=ARCHIVO&IDT IPO=60&RASTRO=c740\\$m6061](http://www.carm.es/web/Blob?ARCHIVO=FD-124.pdf&TABLA=ARCHIVOS&CAMPOCLAVE=IDARCHIVO&VALORCLAVE=120119&CAMPOIMAGEN=ARCHIVO&IDT IPO=60&RASTRO=c740$m6061)>

⁴⁶LUISELLI, Cassio. Fertilidad y Salinidad de Suelos [En línea]. [Ciudad de México, México]: Diario oficial de la Federación, Dic. 2002, Disponible en Internet: <<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69255.pdf>>

del ser humano. Esto normalmente se utiliza para optimizar y mejorar el funcionamiento de un proceso.⁴⁷ En la actualidad se utiliza en los sistemas donde se transfieren tareas de producción realizada por humanos a un conjunto de elementos tecnológicos de sistemas⁴⁸.

Cultivos: Es el proceso de sembrar semillas en la tierra realizando labores para obtener frutos de esta. Se realiza al cultivar en la tierra mediante diferentes tratamientos y alternativas con el fin de obtener vegetales y frutos que puedan ser utilizados según las necesidades o con propósitos alimenticios⁴⁹, como se observa en la figura 2.

Figura 2. Cultivos



Fuente: [En línea]. Disponible en Internet:
<https://www.jardineriaon.com/mesas-de-cultivo.html>

Sistemas de riego: Son sistemas que permiten racionalizar el agua disponible. Aplicando el agua necesaria en las plantas por medio de diferentes métodos de riego en los cultivos, por ejemplo, el riego por aspersión, el riego por microaspersión o por goteo entre otros⁵⁰.

Riego por goteo: Es uno de los sistemas más usados, este método de riego es de alta eficiencia, como se observa en la figura 3, se caracteriza por la aplicación frecuente de pequeñas cantidades de agua por medio de goteros emisores el cual suministra la cantidad de agua uniformemente adecuada para el buen crecimiento de las plantas en

⁴⁷ BENAVIDES, Luis. Control Automatizado de Riego [En línea]. [Pasto, Colombia]: Universidad de Nariño, Ene. 2015, Disponible en Internet:

<<http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/atenea/biblioteca/90779.pdf>>

⁴⁸ PEREZ, Josué. Automatización de Invernaderos [En línea]. [La Libertad, El Salvador]: Escuela especializada de Ingeniería, Jul. 2016, Disponible en Internet:

<<http://www.redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/2843/1/Automatizaci%C3%B3n%20de%20Invernadero%20para%20Cultivos%20Hidrop%C3%B3nicos%20en%20El%20Salvador.pdf>>

⁴⁹ BEMBIBRE, Victoria. Cultivos [En línea]. [Ciudad de México, México]: Definición ABC, Ene. 2009, Disponible en Internet: <<https://www.definicionabc.com/general/cultivo.php>>

⁵⁰ CORES, Iñigo. Sistema de Riego [En línea]. [Madrid, España]: Ambientum, Ago. 2017, Disponible en Internet: <https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/suelos/sistemas_de_riego.asp>

las huertas⁵¹.

Figura 3. Riegos por goteo.



Fuente: [En línea]. Disponible en Internet:
<https://www.planetahuerto.es/guias/como-elegir-el-sistema-de-riego-por-goteo>

Temperatura: Es la magnitud física que indica la energía interna de un cuerpo de un objeto o del medio ambiente en general, esta energía se expresa en calor o frío. La temperatura es un factor importante en el crecimiento de las plantas, dependiendo de la variedad requieren una temperatura óptima diferente en el ambiente para su correcto crecimiento⁵².

Luminosidad: La luminosidad solar influye en la modificación del pH del suelo del cultivo, dependiendo de la especie algunas requieren más luz o más sombra para su crecimiento. La luz es la fuente primaria de energía para la vida sobre la Tierra. Es el insumo primario de la fotosíntesis, proceso biológico en el cual los vegetales absorben y convierten la energía proveniente de la luz solar, para producir moléculas que permiten la asimilación de elementos necesarios para la construcción de biomoléculas orgánicas metabolizables. Método que permite que la planta incrementar su biomasa⁵³.

IOT: El Internet de las Cosas (IOT) consiste en que las cosas tengan conexión a Internet en cualquier momento y lugar. En un sentido más técnico, consiste en la integración de sensores y dispositivos en objetos cotidianos que quedan conectados a Internet a través de redes fijas e inalámbricas. El hecho de que Internet esté presente al mismo tiempo en todas partes permite que la adopción masiva de esta tecnología sea más factible, los sensores son fácilmente integrables en hogares, entornos de trabajo y lugares públicos. De esta manera, cualquier objeto es susceptible de ser conectado y «manifestarse» en la Red. Además, el IOT implica que todo objeto puede ser una fuente

⁵¹ LIOTTA, Mario. Riego por Goteo [En línea]. [Rivadavia, Argentina]: UCAR, Jun. 2015, Disponible en Internet: <https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_riego_por_goteo.pdf>

⁵² ARISTA, Juan. Temperaturas base y grados [En línea]. [Veracruz, México]: Rev.Mex.Cieagro, Ago. 2018, Disponible en Internet: <<http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v9n5/2007-0934-remexca-9-05-1023.pdf>>

⁵³ LOPEZ, Alberto. Luminosidad y Efectos [En línea]. [Bogotá, Colombia]: UNAD, Feb. 2013, Disponible en Internet: <<https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/la-influencia-de-la-luz-en-el-crecimiento-del-cultivo/>>

de datos⁵⁴.

1.6.2 Marco conceptual.

En esta sección se describen los diferentes conceptos, y sensores implementados, y utilizados para ayuda del trabajo de grado.

Sensor: Son dispositivos electrónicos utilizados para detectar acciones o estímulos externos, la cual nos permiten captar información⁵⁵. Se encargan de medir las magnitudes químicas o físicas y transformarlas en señales eléctricas, estas pueden ser analógicas o digitales dependiendo de la respuesta del sensor, que son entendidas por un microcontrolador.

Riego automatizado: El riego automatizado es apto para todo tipo de emisores, algunos de estos pueden ser, micro aspersores, difusores, goteo, entre otros etc. Es un sistema para proveer agua a los cultivos o plantas de manera tecnificada por los diferentes medios. Por intermedio de los diferentes sistemas se puede controlar la entrega del flujo de agua en la ubicación, cantidad, frecuencia y horario deseado⁵⁶.

Bases de datos: Una base de datos es un almacén que permite guardar información de forma organizada para luego poderla encontrar y utilizar fácilmente, esta se puede guardar en discos o páginas web que permitan el acceso directo a ellos y un conjunto de programas que manipulen ese tipo de datos⁵⁷. Esta información recolectada o almacenada por lo general asume una estructura específica que depende de los componentes usados que obtiene rutinas de optimización para guardar eliminar consultar y gestionar información.

Microcontrolador: Un microcontrolador es un circuito integrado digital que se puede usar para diversos propósitos debido a que es programable, está compuesto por una unidad central de proceso (CPU) memoria (ROM Y RAM) y líneas de entrada y salida (PERIFÉRICOS), es un circuito integrado que compone principalmente de aplicaciones embebidas el cual incluye sistemas para controlar elementos mediante la programación en los diferentes lenguajes y su función es automatizar procesos y procesar la

⁵⁴GAUDIANO, Paulo. Mundo de los Objetos Inteligentes [En línea]. [Madrid, España]: Bankinter, Ene. 2011, Disponible en Internet: <http://boletines.prisadigital.com/El_internet_de_las_cosas.pdf>

⁵⁵AMADOR, Gerardo. Sensores Magnéticos e Inductivos [En línea]. [Pachuca, México]: Universidad Autónoma de Hidalgo, Oct. 2005, Disponible en Internet: <<https://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/licenciatura/documentos/Sensores%20magneticos.pdf>>

⁵⁶PICORNELL, María. El Riego y sus Tecnologías [En línea]. [Albacete, España]: Centro de Engenharia dos Biosistemas, Mar. 2010, Disponible en Internet: <http://crea.uclm.es/crea/descargas/_files/El_Riego_y_sus_Tecnologias.pdf>

⁵⁷CASILLAS, Luis. Base de Datos [En línea]. [Barcelona, España]: UOC, May. 2005, Disponible en Internet: <<https://www.uoc.edu/pdf/masters/oficiales/img/913.pdf>>

información⁵⁸.

Trabajo social: Es una acción que promueve el desarrollo social, por medio de la responsabilidad de la comunidad, para conservar unas buenas condiciones en su entorno relacionados con la ética y la moral, por las decisiones que toman las personas en la sociedad. Que permiten un mayor bienestar para las personas y que origina cambios en el desarrollo social, estos cambios pueden ser en la cohesión social, el fortalecimiento y el entendimiento de las personas, fundamentándose en la justicia social, los derechos humanos, la responsabilidad colectiva y el respeto a la diversidad⁵⁹.

Agricultura urbana: La agricultura urbana es una práctica que se ha originado a partir de la migración de campesinos hacia la ciudad, donde por medio de espacios reducidos se realiza siembra de alimentos ya que no existe la misma capacidad disponibilidad de espacio en las ciudades y en las viviendas.

Este tipo de agricultura se puede desarrollar de varias formas y diseños, como por ejemplo paredes, casas, balcones y terrazas, o en algún espacio público disponible para este fin, en la cual por medio de esta práctica la población puede producir alimentos de mejor calidad mejorando factores como el económico y la seguridad alimentaria por medio del autoconsumo⁶⁰.

Abono orgánico: El abono orgánico es la descomposición y transformación de materiales vegetales o animales, sustancia que puede ser inorgánica u orgánica, que ayudan a mejorar la calidad del suelo o la tierra y que también ayudan como nutrientes para las plantas. Es el alimento de las plantas que es absorbido por las raíces para un óptimo desarrollo del cultivo.

Este tipo de abonos aumentan las condiciones nutritivas de la tierra, que ayudan a que las plantas absorban mucho mejor el agua y mantienen la tierra humedad, lo que hace que sea una gran opción al momento de cultivar⁶¹, generando ahorro económico y un suelo con buena calidad productiva de siembra.

⁵⁸PENAGOS, Néstor. Microcontroladores NXP-Freescale [En línea]. [Bogotá, Colombia]: UPC, Ago. 2018, Disponible en Internet: <<https://www.unipiloto.edu.co/descargas/Microcontroladores.pdf>>

⁵⁹VERDE, Diego. Definiciones Globales Trabajo Social [En línea]. [Rheinfelden, Suiza]: FITS, Ene. 2019, Disponible en Internet: <<https://www.ifsw.org/what-is-social-work/global-definition-of-social-work/definicion-global-del-trabajo-social/>>

⁶⁰Jardín Botánico de Medellín. Agricultura urbana. Medellín Colombia 2013. Consultado en internet en: <https://www.botanicomedellin.org/servicios/educacion-y-cultura/agricultura-urbana>

⁶¹ MOSQUERA, Mosquera. Abonos Orgánicos protegen el suelo y garantizan alimentación sana manual para elaborar y aplicar abonos y plaguicidas orgánicas. Sep, 2010. [Quito, Ecuador]. Disponible en internet en: https://www.academia.edu/22880416/Abonos_organicos

Abono inorgánico: Los abonos inorgánicos es la transformación de diferentes elementos presentes en la naturaleza, volviéndolos nutrientes que necesitan las plantas para el crecimiento, todos estos productos químicos, son adecuadas para las plantas que implementados de manera adecuada ayudan a los cultivos y la eficiencia de este.

Germinación de semillas: Las semillas son un factor importante en la agricultura, por el cual se genera la reproducción de estas, este proceso inicia con la entrada de las semillas en agua en un proceso que se llama imbibición, que con unas condiciones óptimas en temperatura oxigenación e iluminación permite su germinación, una vez crece la raíz se puede trasplantar para que continúe con su crecimiento y posterior sembrado en el cultivo⁶².

1.7 METODOLOGÍA



fuelle: elaboración propia.

La fase de **Investigación** se basa en la recopilación de datos en diferentes fuentes, se recolecta información sobre mediciones de variables ambientales, huertas Indoor, cultivos aptos de rápido crecimiento para viviendas, así como las variables requeridas para el óptimo crecimiento de un cultivo Indoor.

Se investiga cómo medir y obtener valores por medio de una tarjeta de mediciones de variables ambientales analizando los factores ambientales para la ubicación de la huerta en la vivienda, se recopila también información sobre requerimientos para una óptima ubicación de la huerta y por último se hará una búsqueda de los materiales requeridos para el montaje de la huerta.

En la fase de **Diseño** se definen las características de la tarjeta de medición de variables ambientales, seguido de los aspectos de la huerta automatizada presentados a continuación; para empezar se decidirá en un diagrama de flujo y un esquema electrónico en un plano, para decidir la morfología de la tarjeta y sus respectivas dimensiones, seguido de esto definiremos la ubicación de los sensores y de los sistemas embebidos con los cuales se montará la tarjeta de medición, se definirá

⁶²PITA, José. Germinación de Semillas. [Madrid, España]. Disponible en Internet: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1998_2090.pdf

también el tipo de comunicación entre la tarjeta y la nube para el almacenamiento de datos, según corresponda por medio de radiofrecuencia, bluetooth o wifi; una vez definido esto se continúa con el tipo de alimentación eligiendo entre AC o DC, y para terminar se decidirá el material de la carcasa con el que se implementará la tarjeta de medición de variables ambientales.

Posteriormente a las decisiones anteriores relacionadas con los aspectos de la tarjeta de medición de variables ambientales, se definirán las dimensiones de la huerta, (ancho, largo y alto), y su morfología, se continuará con la decisión en cuanto a los circuitos electrónicos que se utilizarán para el control de accionadores y sensores, también los materiales con los que se implementará la huerta. En esta fase se definirá también el tipo de comunicación a utilizar para la implementación de la comunicación entre la huerta y el sistema de carga de datos a la nube, (datos que son recopilados por los sensores los cuales se envían a la nube para el control del cultivo); ya sea por medio de radiofrecuencia, bluetooth o wifi; también se definirá cual microcontrolador será (Arduino o PIC) y su respectiva programación, así como el tipo de alimentación del sistema eligiendo entre AC o DC.

Para la fase de **Implementación y pruebas** se fabricará la tarjeta de medición de variables ambientales, con sus sensores de medición y su módulo de comunicación, así como también su software para la carga de datos a la nube, con el fin de analizar los datos ambientales recopilados, para seleccionar el lugar adecuado de la huerta Indoor automatizada en la vivienda; una vez terminado esto se implementará la estructura de la huerta Indoor en el material escogido, con sus respectivos sensores, actuadores y circuito de control por medio de sistemas embebidos, para que por medio de IOT se envíe la información a la nube sobre el estado de las variables del cultivo, con el fin de controlar las variables sensadas, inicialmente la humedad; seguido esto se instalará su respectivo módulo de comunicación y se finalizará con la instalación de la alimentación del sistema en la huerta.

Una vez implementados los dos sistemas, se comenzarán las pruebas de funcionamiento tanto en conjunto como por separado de los actuadores, sensores y el sistema de carga de datos a la nube, en la tarjeta de medición de variables ambientales y en la huerta Indoor automatizada.

En la fase de **Validación**, como su nombre lo indica, se realizará la prueba de correcto funcionamiento del sistema de medición y control de la huerta, este servirá para la calibración de los sensores implementados, como por ejemplo temperatura, humedad ambiente y calidad del aire.

1.8 DISEÑO METODOLÓGICO

1.8.1 Investigación

En esta sección se explican los tipos de invernaderos más utilizados en el mundo, también se explica los dispositivos electrónicos que rigen el mercado, la caracterización de las casas del barrio Yomasa y los beneficios de las huertas urbanas, en las cuales podemos autocultivar alimentos saludables, generando beneficios en las familias, algunos de ellos son: los lazos familiares y tejidos sociales, seguridad alimentaria, medio ambiente, innovación tecnológica, mejoramiento en la tierra, el aire y económicamente.

1.8.1.1 Lazos familiares y Tejido social.

Las huertas familiares son importantes en los sistemas de cultivos agrícolas, estas aportan alimentos básicos para la alimentación de la sociedad, además de ayudar a la conservación y generación de variedad de semillas, aportando diferentes tipos de siembra, de cultivos, así como también aporta ingresos económicos a las familias que integran este tipo de trabajos de grado, fortaleciendo los lazos familiares y del tejido social.

Por medio de las huertas urbanas, las familias y las personas obtienen beneficios económicos. Estos son también un elemento importante de estructuración social, ya que el intercambio de semillas y productos de las huertas contribuyen a crear tejido social ⁶³.

1.8.1.2 Seguridad Alimentaria.

Algunos de los beneficios para la seguridad alimentaria, que son derivados de la agricultura urbana, especialmente de los sistemas agrícolas productivos, aportan beneficios como la unión familiar y la generación de un ingreso económico al grupo familiar⁶⁴. En Colombia, en particular en la región Andina, todavía no se tiene una investigación que tenga en cuenta la importancia que cumplen las huertas familiares en la seguridad alimentaria y en la generación de ingresos económicos al grupo familiar.

⁶³ PEÑUELA, Angelica. Manual de tecnología agricultura urbana. Jardin botánico de Bogotá José Celestino mutis. [Bogotá, Colombia] 2009[En Línea].disponible en internet consultado en internet: <http://www.jbb.gov.co/index.php/component/finder/search?q=agricultura+urbana&Search=>

⁶⁴BECERRA Alejandro. Políticas de desarrollo de agricultura. [Bogotá, Colombia]. May, 2013, Disponible en internet: <https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/61/LIB_2013_Pol%C3%ADticas%20para%20el%20desarrollo%20de%20la%20agricultura_Completo.pdf?sequence=1&idAllowed=y>

Un 65% de las familias urbanas, en algunos países subdesarrollados como lo es Colombia, se encuentran principalmente en la mejor calidad de alimentos que son más nutritivos para las familias. Las familias que están involucradas en las huertas urbanas suelen consumir una mayor cantidad de alimentos, a veces hasta un 30% más, y tienen una dieta con más variedad de alimentos, generando un consumo relativo y seguro de hortalizas y frutas⁶⁵.

1.8.1.3 Mejoramiento de calidad y seguridad alimentaria y contribución a la mejora del medio ambiente.

Las huertas urbanas dentro de sus diferentes beneficios contribuyen en la calidad alimentaria, generando mejores hortalizas como las verduras o frutas en cada siembra y en la conservación del medio ambiente, ayudando a la reducción del CO₂. A través del tiempo las huertas familiares son una opción ecológica para la sostenibilidad ambiental.

Las huertas familiares viables mejoran la capacidad de los pequeños agricultores y de las comunidades, ayudándolos a enfrentar los problemas de seguridad alimentaria debido a que el resultado de la siembra es un producto de alta calidad y cultivado sin fertilizantes y químicos. Otros de los efectos positivos para las familias son los siguientes:

- el mejoramiento de la seguridad alimentaria;
- el aumento de la calidad alimentaria gracias a la mayor diversidad y consumo.
- la disminución del riesgo debido a la mayor diversidad productiva.
- el mejoramiento del medio ambiente como consecuencia del reciclado de los desechos, la protección del suelo contra la erosión y la protección de la biodiversidad local⁶⁶.

1.8.1.4 Innovaciones Tecnológicas.

La investigación y el desarrollo tecnológico aplicados a los problemas de las huertas familiares logran desarrollar innovaciones tecnológicas rentables y de aplicación comercial. Por ejemplo, muchas variedades mejoradas de frutas como las naranjas o limones y de hortalizas como tomates, lechugas y espinacas, debido a que se tiene controladas las variables del cultivo como humedad de la tierra, temperatura y el riego

⁶⁵Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura [Fao]. Pdf Consultado en línea disponible en internet: <http://www.fao.org/ag/agp/greenercities/pdf/HD/HUP-HD-1.pdf>

⁶⁶Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura [Fao]. Consultado en línea disponible en internet: <http://www.fao.org/3/y5112s/y5112s04.htm>

de la planta. Generando un control más preciso en el cuidado de la siembra lo que genera una alta calidad del producto en la cosecha.

Como lo que se pueden encontrar hoy en día en los mercados como productos orgánicos, han sido, en su origen, identificadas por agricultores que desean crear diversas innovaciones en sus cultivos por iniciativa propia o con acompañamiento de ingenieros agrónomos⁶⁷.

1.8.1.5 Mejoramiento económico y estructuración social

Por medio de las huertas urbanas se puede generar un mejoramiento económico y social, la generación de ingresos económicos y de trabajo, debido a la producción de los cultivos durante todo el año, ya que estas brindan una siembra constante, generando que esta práctica crezca cada día más apoyando la economía familiar.

Las huertas urbanas, son una nueva forma de generar un desarrollo sostenible y una nueva forma de ayudar a establecer un nuevo modelo económico en las familias, haciendo de esta alternativa, una actividad económica reconocida por medio de desarrollo agrícola, generando una transformación social y económica en las familias⁶⁸.

1.8.1.6 Beneficios en el suelo y purificación del aire

Los cultivos urbanos son muy beneficiosos para la tierra, las huertas urbanas ayudan a la conservación del suelo, además de esto protege el medio ambiente y favorece la naturaleza generando alimentos frescos y nutritivos durante todo el año⁶⁹.

Las huertas urbanas son una fuente segura de alimentos. Por medio de los métodos utilizados por la agricultura orgánica urbana, la tierra de estos cultivos se puede mantener fértil y sana, ya que los procesos con los que se realiza esta agricultura urbana son naturales, la manera con la que se controlan los insectos, plagas y enfermedades de la plantas son por medio de métodos naturales a diferencia de la

⁶⁷ PALMA, Oscar. Revista de tecnología de la información y comunicaciones. Sep. 2017. Disponible en internet: <https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Tecnologias_de_la_Informacion_y_Comunicaciones/vol1num1/Revista_de_Tecnologia_de_la_Informacion_y_Comunicaciones_V1_N1_5.pdf>

⁶⁸ GONZÁLEZ, Gerardo. Los Beneficios para la salud, medio ambiente y economía familiar de la agricultura urbana. [Monterrey, México]. Disponible en internet: http://ru.iiiec.unam.mx/4252/1/2-Vol2_Parte1_Eje3_Cap2-016-Dzib-Gonzalez-Gonzalez.pdf

⁶⁹ REINA, Catalina.. Concientización de la implementación de las huertas como sistemas de autoconsumo y de aprovechamiento de residuos orgánicos en las islas de providencia y santa catalina [en línea]. [Bogotá Colombia] Universidad Jorge Tadeo lozano. Oct, 2008, Disponible en internet : <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/1469/T004.pdf?sequence=1&isAllo wed=y>

agricultura convencional⁷⁰, que en la mayoría de los casos, se realiza por medio de fertilizantes y plaguicidas artificiales, los cuales ocasionan daños al medio ambiente y a la salud.

El diverso aprovechamiento del manejo de los recursos locales convierte a las huertas en una práctica de ingresos económica a las familias, estos cultivos urbanos son amigables al medio ambiente, además de generar diferentes beneficios como la purificación del aire que respiramos y el aprovechamiento al máximo de los recursos naturales⁷¹.

1.8.1.7 Características y clasificaciones para diseñar una huerta

Las huertas se clasifican en diferentes diseños y formas, entre las cuales están las de línea o surcos, balcones y terrazas, patios o jardines. Estas huertas urbanas o familiares pueden ser de diferentes diseños, esto varía dependiendo del espacio y el tamaño disponible para la huerta, puede ser implementada rectangularmente definiendo las áreas del cultivo, a diseño propio, verticalmente, o directamente en la tierra.

Algunas de las principales características que debemos tener en cuenta para realizar una huerta, es considerar los aspectos relevantes, entre ellos, la forma o diseño de la huerta, el terreno o espacio, las condiciones del suelo donde vamos a implementar la huerta, los abonos, el espacio para el cultivo de las plantas, las semillas, el riego de las plantas y la distribución de estas en la huerta⁷².

Otros aspectos importantes que también se puede considerar, es el tipo hortalizas y si estas necesitan luz solar⁷³, ya que todo esto ayuda a que la huerta tenga una excelente siembra y genere alimentos de calidad. Estas huertas permiten tener una siembra escalonada es decir un cultivo permanente de hortalizas.

⁷⁰ Guía ambiental Hortifrutícola. [Bogotá, Colombia]. [Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial]. Nov, 2009. Disponible en internet: <http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_30_guiaambiental.pdf>

⁷¹ RAMÍREZ, Blanca. Agricultura urbana y huertas familiares[en línea].[Medellín, Colombia] Universidad EAFIT. Feb, 2014. Disponible en internet: <https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/5367/YubyRam%EDrez_2014.pdf?sequence=2>

⁷² Manual de iniciación al huerto urbano.pdf consultado en línea, disponible en internet: http://media.firabcn.es/content/S112014/docs/Manual_iniciacion_huerto_urbano.pdf

⁷³ GRAZIANO, Jorge. Diseño de huerta. Jul, 2016. Disponible en internet: https://inta.gob.ar/sites/default/files/disenio_de_huertas.pdf

1.8.1.8 Huertas verticales u horizontales

La huerta vertical es una forma de decoración al exterior o interior de las casas, donde se aprovechan al máximo y se optimizan los espacios disponibles para poder cultivar diferentes hortalizas o verduras de autoconsumo sin necesidad de tener grandes espacios en la vivienda como se observa en la figura 4. Estas generan beneficios como el autoconsumo, mejora el medio ambiente la calidad del aire, además que el mantenimiento de estas huertas es sencillo⁷⁴.

Por lo general, estas huertas son construidas en diferentes materiales reciclables como el plástico o madera⁷⁵. Es importante elegir bien el sitio de la huerta, por las diferentes características de las plantas como el sustrato, el aire, el sol y el agua ya que influye en el crecimiento de las plantas, juntamente con la orientación de la huerta, que también es importante para el adecuado crecimiento de las plantas.

Figura 4. Huertas verticales o horizontal.



Fuente: [En línea]. Disponible en Internet: <https://verdticalmagazine.com/huerto-vertical/>

En la actualidad existen diferentes tipos de huertas verticales, algunas de ellas son la de chorizo, contenedores, urbanos decorativos de lona o hidropónica que consisten en una huerta en donde las plantas crecen sin estar en el suelo en ninguna etapa de su crecimiento, sus principales nutrientes son absorbidos del agua que contiene aire, oxígeno, hidrógeno y una solución nutritiva, su base no tienen una medida exacta pero por lo general suelen ser pequeños y se pueden utilizar de forma horizontal o vertical,

⁷⁴ PEÑA Luz. Los diseños verticales y la agricultura unidos para la producción de alimentos en los módulos para huertas urbanas verticales.[En Línea]Disponible en internet: https://academia.unad.edu.co/images/investigacion/hemeroteca/RIAA/RIAA_vol_3_num2_2012/Los%20dise%C3%83%2b1os%20verticales%20y%20la%20agricultura%20unidos%20para%20la%20producci%C3%83%2b3n%20de%20alimentos.pdf

⁷⁵ VALIDEZ, Celina. Huerta vertical y buen vivir. [Tijuana, México]. Abr, 2014. Disponible en internet: <http://indesol.gob.mx/cedoc/pdf/III.%20Desarrollo%20Social/Huertos%20Familiares%20y%20Comunitarios/MANUAL.%20Huertos%20Verticales%20y%20Buen%20Vivir.pdf>

obteniendo ventajas como ahorro en agua, abono y fertilizantes, además de generar varias siembras durante el año⁷⁶.

- **Huerta de chorizo.**

Las huertas de chorizo o también conocidas como huertas hidropónicas largas verticales u horizontales, pueden ser creadas con materiales como el plástico, generalmente están hechas de bolsas plásticas de basura grandes, donde, por su diseño estas huertas usan poco espacio vertical o horizontal como se observa en la figura 5, las medidas recomendables para estas huertas es de 1.80m con un ancho de 20 a 25 cm y la distancia entre las raíces es mínima de 10 cm y máximo de 20 cm, entre la que se pueden cultivar diversas hortalizas.

un factor importante es la temperatura, por su diseño no es recomendable en lugares donde la temperatura sea alta, ya que este tipo de huertas absorbe mucho calor y no sería recomendable para las raíces, porque las semillas no crecen de manera óptima, afectando la calidad del cultivo.⁷⁷

Figura 5. Huerta de chorizo.



Fuente: [En línea]. Disponible en Internet:

<http://cursovirtualhidroponia.blogspot.com/2017/05/cultivo-hidroponico-vertical-en-bolsas.html>

⁷⁶ Manual de huertos sostenibles en casa. [en línea]. Pdf consultado en línea, disponible en internet: <https://web.ua.es/es/ecocampus/documentos/consejos-ambientales/huertos-sostenibles.pdf>

⁷⁷ Bienestar Familiar. Técnica Huerta Casera o familiar [Pdf en línea]. 16/01/2017 disponible en internet: https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/procesos/a1.mo15.pp_anexo_linea_tecnica_huertas_caseras_o_familiares_v1.pdf

- **Huerta de meseta.**

Las huertas de mesetas o contenedores están hechas de materiales reciclables o con materiales nuevos, como madera, plástico o vidrio. Existen diferentes tipos y diseños de huertas de contenedores, se pueden usar en terrazas, balcones o en lugares donde se tengan espacios disponibles como se observa en la figura 6, algo importante de estas huertas es que tengan buen drenaje y sin importar el diseño se vea bien estéticamente, estas mesetas o contenedores por lo general deben tener una profundidad entre 20cm y 40cm donde se permite sembrar gran variedad de semillas teniendo poco espacio entre las que están el apio lechugas, zanahorias, tomates, espinacas, entre otras.⁷⁸

Figura 6. Huerta de contenedor



Fuente: [En línea]. Disponible en Internet:
<https://www.pinterest.es/pin/4996249576638593/>

- **Huerta Hidropónica.**

Las huertas hidropónicas aprovechan al máximo los espacios disponibles de la casa como se observa en la figura 7. Pueden ser construidas en cualquier material reciclable o nuevo, como vidrio, madera o plástico. Las plantas no están sobre la tierra, sino en superficies sostenidas por una base, la cual cuenta con un drenaje para mejorar la oxigenación de las semillas, la principal fuente de nutrientes para la germinación de la semilla es el agua, en este tipo de huertas la semilla se siembra de

⁷⁸ Principios Basicos Para Huertos en contenedores [Pdf en linea] disponible en internet:
https://ucanr.edu/sites/Nutrition_BEST/files/220913.pdf

10cm a 30 cm de separación y de 1cm a 2 cm de profundidad, dependiendo de la hortaliza para obtener un producto de calidad⁷⁹.

Figura 7. Huerta de hidropónica.



Fuente: [En línea]. Disponible en Internet: <https://www.elcampesino.co/huertas-hidroponicas-una-alternativa-producir-alimentos/>

La siembra es una forma de cultivar semillas en la tierra, por medio de un proceso de cuidado donde crecen con el objetivo de dar un fruto, el método de siembra utilizado en estas huertas es la siembra directa y la siembra indirecta.

- **Siembra directa.**

Es una manera de cultivar la semilla, preparando la tierra de tal manera que esta semilla crezca en este lugar y termine de ser sembrada sin modificaciones de lugares, este tipo de siembra es utilizado para hortalizas que no pueden ser trasplantadas, porque se ven afectadas en las raíces y que, por lo general, se siembran semillas de frutos grandes, aunque se pueden sembrar todo tipo de hortalizas.

En la siembra directa es recomendable mantener una distancia entre semilla y los cultivos así mismo la profundidad de la siembra de la semilla como se observa en la figura 8, de tal manera que las semillas tengan suficiente espacio para expandirse en su crecimiento

⁷⁹ CAMPOS, José . Hidroponía y acuarística del carib. Nov, 2012. Disponible en internet: <http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_247_Curso%20Hidropon%C3%ADa%20Basica.pdf>

Figura 8. Siembra directa.



Fuente: [En línea]. Disponible en Internet: <https://nuestraflora.com/c-generalidades/huerta-en-macetas/>

- **Siembra indirecta**

Es el tipo de siembra es el más utilizada en las huertas, consiste en cultivar una semilla en un espacio pequeño donde la base tiene grandes nutrientes para su crecimiento y después de que alcance un tamaño adecuado se trasplantan a otro lugar para terminar con su crecimiento y obtener la cosecha esta técnica se recomienda para sembrar semillas pequeñas como se observa en la figura 9.

En este tipo de siembra se realiza en huertos como los de chorizo, contenedores o macetas, donde las semillas se siembran con espacios cortos entre ellas, debido que cuando alcance un tamaño considerable es trasplantada a otra siembra donde puede terminar con su crecimiento manteniendo el mismo cuidado hasta finalizar su proceso de cosecha⁸⁰.

⁸⁰ ESTRADA, María. Huertas verticales para sectores de bajos recursos en Guatemala. [Ciudad de Guatemala, Guatemala]. Nov, 2011. Disponible en internet: <http://biblio3.url.edu.gt/Tesis/2011/03/06/Estrada-Maria.pdf>

Figura 9. Siembra indirecta.



Fuente: [En línea]. Disponible en Internet: <https://www.infocampo.com.ar/como-hacer-un-semillero-paso-a-paso-con-materiales-reciclados/>

1.8.1.9 Caracterización de las viviendas.

En Bogotá hay muchas zonas verdes libres que son usadas para la autoconstrucción de viviendas, generando nuevos barrios por la invasión de las familias, sobre todo hacia el sur de la ciudad, esto se debe también a las condiciones socioeconómicas de las familias o personas que viven en estas zonas. Por la desigualdad social y la falta de oportunidades de estudio, empleo y otras opciones que generen mejoramiento y crecimiento a las familias, estas familias generalmente crecen en unas perspectivas de desarrollo económico negativo que causan desastres, sobreexplotación, hambrunas, o conflictos armados⁸¹.

Estas familias se caracterizan por presentar diferentes factores problemáticos como alcoholismo o violencia intrafamiliar entre otros, lo que causa que presenten crisis recurrentes y generen las condiciones de una familia de vulnerabilidad, que al no percibir un apoyo e intervención adecuada a estos problemas genera condiciones adversas a las familias⁸². Forzándolos a buscar un nuevo rumbo donde generalmente

⁸¹ GONZÁLEZ, Diego. Enfoque de vulnerabilidad social para investigar las desventajas socio ambientales. Su aplicación en el estudio de los adultos mayores [En Línea]. [Toluca México]. Sep, 2011. Disponible en internet: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-74252011000300006

⁸² GÓMEZ, Esteban. Familia multiproblemáticas y en riesgo social[En Línea]. Mar, 2007 disponible en internet: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-22282007000200004

por las condiciones socioeconómicas, se desplazan a las ciudades principales y se radican en las zonas verdes que están libres en busca de un mejor futuro.

Este contexto familiar asocia daños a la naturaleza y al medio ambiente como lo son los bosques o las zonas verdes además de la diferente capacidad de adaptación de las personas y familias para vivir en estas zonas donde la vulnerabilidad crece cada día más generando inseguridad e incertidumbre en estas familias en el futuro. La mayoría de las viviendas de barrios marginales están diseñadas con bloques o ladrillos, como lo nombran en el libro de David Gouverneur⁸³, (diseño de nuevos asentamientos informales), donde los propios habitantes son los que construyen estas viviendas y generan lo que se llama barrios o invasiones, que cada día aumenta más esta población en los países en vía de desarrollo como lo es Colombia.

Por lo general, estas viviendas tienen deficiencias infraestructurales como se observa en la figura 10, ya que se encuentran en áreas inestables, estas viviendas son autoconstruidas bloque a bloque por sus residentes, incrementado el tamaño y generando mejoras a medida que pasan los años, debido al costo de construcción que se genera al realizar las remodelaciones en las viviendas que muchas veces no son adecuadas.

Figura 10. Vivienda autoconstruida.



Fuente: Proyecto de desarrollo comunitario Alexander Salamanca.

Las diferentes dificultades sobre todo en la parte económica de las familias para adquirir una vivienda digna y habitable generan la creación de las viviendas vulnerables (Barrios). Que no tienen ninguna regulación de calidad y tampoco un área determinada

⁸³ GOUVERNEUR, David. Diseño de nuevos asentamientos informales. 1 ed. Medellín: EAFIT 2016, 424p

de construcción, muchas veces no cuentan con los servicios públicos básicos causando diferentes riesgos para la salud.

En muchas oportunidades estas familias buscan una mejor calidad de vida y un mejor futuro, que por falta de recursos económicos es difícil que satisfagan las diferentes necesidades de la vida diaria, generando que no tengan un bienestar al no obtener una vivienda adecuada, ya que estas viviendas son construidas dependiendo el terreno disponible y la capacidad de las personas para fabricarlas⁸⁴. En las viviendas vulnerables o de escasos recursos económicos actualmente se están desaprovechando diferentes espacios como patios jardines y estudios como se observa en la figura 11. Como lo indica Camilo Torres en el libro⁸⁵ (Empoderamiento comunitario en la construcción de viviendas saludables: Zonas vulnerables de Bogotá). Las viviendas informales son construidas por autogestión y autoproducción, dependiendo de la capacidad económica de las familias en el tiempo, ya que no cuentan con estudios previos en ingeniería civil o arquitectura de viviendas generando diferentes errores de construcción.

Figura 11. Desaprovechamiento de espacios libre.



Fuente: Proyecto de desarrollo comunitario Lina Marcela.

Dentro del marco institucional de Yomasa se ha realizado el estudio a las viviendas, donde se observa que la estructura principal de las casas de la localidad de Yomasa son por lo general en ladrillo sin empañetar o en obra gris con un techo que en su mayoría constan de láminas de aluminio sujetadas por alambres conocidas como tejas

⁸⁴ ROJAS, María. La vulnerabilidad y el riesgo de la vivienda para la salud humana desde una perspectiva holística. [Buenos Aires, Argentina]. Dic, 2004. Disponible en internet: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4163676.pdf>

⁸⁵ GARCÍA, Juan. Empoderamiento comunitario en la construcción de viviendas saludables: Zonas vulnerables de Bogotá. 1 ed. Bogotá: UDFC 2017. 102 p.

como se observa en la figura 12, cuentan con áreas de aproximadamente de 42 metros cuadrados y la altura promedio de estas viviendas es de 2.40 metros⁸⁶.

De las viviendas que se encuentran en estos barrios se observan que en el primer piso cuentan con un espacio amplio que muchas veces es usado como la sala de la vivienda y generalmente también son usados como locales comerciales o bodegas, las formas de las viviendas no son rectangulares por lo que tienen diferentes formas geométricas de construcción, esto depende del terreno en que se encuentre ubicado el inmueble adicionalmente cuenta con bastantes cuartos, en promedio de 4 a 5.

Por lo general, en las viviendas de dos pisos viven dos o más familias generando aglomeraciones de familias y personas, esto contribuye a que estas familias sean más vulnerables a la transmisión de enfermedades como, por ejemplo, la pandemia que se presenta actualmente.

Figura 12. Contaminación dentro de las viviendas.



Fuente: Proyecto de desarrollo comunitario María José Sánchez.

Una de las principales características de estas viviendas es la distribución de espacios reducidos, lo que contribuye a la generación de enfermedades infectocontagiosas y psicosomáticas haciendo que las viviendas no sean adecuadas para la habitabilidad de

⁸⁶ Proyecto de desarrollo comunitario realizado por la facultad de ingeniería civil de la universidad católica de Colombia. Consulta en internet: <https://drive.google.com/drive/folders/17mGxyNH6yNFesxnSfCl-eAd10jE2W0Xr>

las personas⁸⁷. La mayoría de las viviendas informales no son saludables, ya que carecen de calidad de espacios habitables como se observa en la figura 13 y presenta factores de riesgo. Este déficit se debe a la dificultad de obtener recursos necesarios para la inversión y mejoramiento de las viviendas, así como la deficiente en el desarrollo urbano⁸⁸.

En las viviendas informales, por lo general se presentan problemas de salud en las personas que las habitan, como intoxicaciones, estrés, depresión y violencia. Otras de las deficiencias como lo son servicios públicos ayudan a la generación de enfermedades gastrointestinales. La falta de espacios de estas viviendas afecta a las personas presentando enfermedades como tuberculosis. Violencia intrafamiliar además de enfermedades respiratorias por falta de una buena circulación del aire.

Algunas de las afectaciones y defectos que se observan en los estudios e investigaciones realizadas a las viviendas de los barrios vulnerables se encuentra: el déficit cualitativo y cuantitativo en aumento, los materiales con los que construyen estas viviendas, así mismo, el confort, el diseño de espacios, la ubicación, la conectividad a los servicios esenciales y los cambios educativos, culturales y políticos. Muchas de estas viviendas también se construyen con materiales reciclables o de baja calidad en lugares retirados de las ciudades principales, estas incrementan la desigualdad de las familias al no obtener una vivienda digna con espacios habitables, que carecen de conexiones a los servicios públicos lo que genera que en su mayoría estas familias recurran a la conexión ilícitas de los servicios esenciales de una vivienda⁸⁹.

Estas situaciones se presentan principalmente por la precaria situación económica de las familias, en la cual por falta de conocimientos técnicos acerca de la construcción y el diseño de las viviendas, promueve a realizar una vivienda empírica que contiene fallas en el diseño e infraestructura ya que no cuentan con la asistencia de personas capacitadas para esta labor⁹⁰.

Muchos de estos asentamientos informales se encuentran ubicados en las periferias de las ciudades, caracterizados por la construcción autónoma de viviendas que muchas veces gran parte de su infraestructura es utilizada como taller o almacén aumentando

⁸⁷ TORRES, Camilo. La calidad de la vivienda de interés social contribuye a la generación y propagación de enfermedades [En línea]. Sep, 2020. Disponible en internet: <http://ie.u.unal.edu.co/medios/noticias-del-ieu/item/la-calidad-de-la-vivienda-de-interes-social-contribuye-a-la-generacion-y-propagacion-de-enfermedades>

⁸⁸ VERGARA, Ricardo. El mejoramiento de vivienda y entorno en Bogotá 1994-1998 [En línea]. Oct, 2008. Disponible en internet: <http://www.scielo.org.co/pdf/indes/v16n1/v16n1a10.pdf>

⁸⁹ TORRES, Alberto. Ingeniería y sociedad, la informalidad en la vivienda. Disponible en internet: http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/4452/ingenieria_y_sociedad.pdf?sequence=5&isAllowed=y

⁹⁰ ROJAS, María del Carmen. La vivienda precaria urbana marginal y su relación con la salud de la población en el proceso de sustentabilidad. Disponible en internet: http://www.alapop.org/alap/images/PDF/ALAP2004_389.pdf

los riesgos de las familias, ya que estas viviendas fueron autoconstruidas en la mayoría de los casos sin ningún tipo de conocimiento técnico en el tema de la construcción⁹¹.

Figura 13. Hacinamiento de familias por falta de espacios.



Fuente: Proyecto de desarrollo comunitario Lina marcela.

Las viviendas informales cuentan con características precarias y al no cumplir las características de una vivienda digna, muchas veces las familias que habitan estas viviendas no presentan un confort térmico adecuado, esto se debe a que su construcción no fue realizada con los materiales pertinentes, lo que hace que la vivienda no tenga un clima agradable al interior de esta.

Las viviendas deben tener un confort de iluminación y ventilación para reducir al máximo los factores de riesgo, el cual es importante en cuanto a calidad de vida de las familias. Generalmente por la falta de espacios en estas viviendas carecen de buena iluminación y ventilación presentando contaminación en el aire con gases, aerosoles, humos y polvo, Entre los que también están las vibraciones el ruido y las radiaciones de radiofrecuencias y microondas, generando mayor probabilidad de enfermedades en las familias que habitan estas viviendas⁹², un ejemplo de esto se puede observar en la figura 14.

⁹¹ HIGÜERO, Anderson. Prototipos de vivienda familiar en lotes de 6*12. Universidad católica de Colombia [Bogotá, Colombia] Disponible en internet: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/24256/1/Trabajo%20de%20grado.pdf>

⁹² LANCER, Victoria. La vivienda precaria y su repercusión sobre la salud y el bienestar de sus habitantes. [Oct, 2010]. Disponible en internet: <http://oa.upm.es/38642/1/M-0910-02.pdf>

Figura 14. Contaminación dentro de las viviendas.



Fuente: Proyecto de desarrollo comunitario de Lina marcela.

1.8.1.10 Hortalizas.

La **espinaca** (*Spinacia oleracea*), pertenece a la familia de las amarantáceas, quenopodiáceas, al igual que las remolachas, la quinua y la acelga, crecen muy bien en climas templados. Están disponibles durante todo el año, es rica en vitaminas A, E y K es rica en varios antioxidantes, pero contiene bastante ácido oxálico, por lo que se debe consumir con moderación. Las plantas de espinaca que apuntan al mercado fresco se cosechan en un corte (se destruye toda la planta) aproximadamente 40-55 días después de la siembra. Por el contrario, las hojas de espinaca que se dirigen al mercado procesado se cosechan a los 60-80 días de la siembra.

La planta es ayudada en su crecimiento si germina en tierras húmedas y con buenos nutrientes, sin embargo es recomendable que el pH de la tierra no pase los 6.7 debido a que los suelos excesivamente alcalinos pueden provocar clorosis férrica, (deficiencia de hierro lo cual se evidencia cuando la planta se pone amarilla), se recomienda un pH de 6,5 a 6,8. Un suelo físicamente ideal para el buen desarrollo del cultivo es aquel que tiene su volumen distribuido así: 45% de sólidos (minerales), 5% de materia orgánica, y 50% de espacio poroso, repartido en 25% de aire y 25% de agua, en cuanto a la tierra

para su siembra la semilla se implanta a profundidades de 1,5 a 2 cm, la separación entre ellas es de 7 a 15 cm entre zanjas con una separaciones entre zanjas de 20 a 30.

Las plantas a mayor temperatura tienden a crecer más rápido y dar más frutos, sin embargo, los frutos suelen salir pequeños y poco agradables en cuanto a su sabor, en la espinaca a mayor temperatura la planta tiende a florecer más rápido. El problema de esto es que sus hojas crecen amargas, por lo que se recomienda un ambiente a bajas temperatura, y para la germinación de las semillas temperaturas de 41 a 68°F (5° a 20°C) con riegos frecuentes y en dosis reducidas. Para el mejor desarrollo de la planta, la temperatura debería estar entre 14° y 18°. El frío aumenta la producción de azúcares en la planta, esto sirve como un anticongelante natural y mejora el sabor⁹³.

Estas plantas como se menciona anteriormente requieren un clima fresco por lo que la aireación es muy importante. Un ambiente oscuro y húmedo es el ambiente de generación ideal de los brotes de enfermedades para la planta. Su aproximación es de brillo solar de entre 1.500 a 1.700 horas-luz/año, no requiriendo excesiva luz ya que, si se acompaña con altas temperaturas, como se mencionó anteriormente la planta tiende a florecer más rápido.

Asociaciones favorables: Lechugas, espinacas y zanahorias. También son compatibles con acelgas, apios, berenjenas, guisantes, judías, patatas, pepinos, pimientos, puerros y tomates.

La zanahoria mini (*Daucus carota*), crece muy bien en climas cálidos y templados, es rica en vitamina A, K y B6, también posee alto contenido en caroteno responsable de su color naranja, como se aprecia en la figura 15.

La mini zanahoria tiene un promedio de 40 a 70 días de crecimiento hasta su recolección, para su óptimo crecimiento esta hortaliza debe permanecer entre 16°C y 18°C, para condiciones de riego el pepino necesita 3.5 l/m² al día, durante todo su proceso, tanto de germinación como de crecimiento la planta requiere una humedad relativa entre 70% y 80%⁹⁴.

⁹³ ARCINIEGAS, Julián. ZonaDiet [En línea]. [Medellín, Colombia]: La espinaca: Beneficios, propiedades y nutrientes. Jun. 2019, Disponible en Internet: < zonadiet.com/comida/espinaca.htm>

⁹⁴ SAUCEDO, Mark. Traxco [En línea]. [Zaragoza, España]: Cultivo de la zanahoria. Oct. 2009, Disponible en Internet: <<https://www.traxco.es/blog/produccion-agricola/cultivo-de-la-zanahoria#:~:text=La%20zanahoria%20es%20una%20planta,entre%205%2C8%20y%207.>>>

Asociaciones favorables: judías, lechuga, cebolla, guisantes, pimiento, rábano, tomate

Figura 15. Zanahoria Baby.



Fuente: [En línea]. Disponible en Internet: <https://www.devoto.com.uy/zanahoria-baby-organica-400598/p>

La remolacha (*Beta vulgaris* ssp), rica en vitamina A, K y B6, también posee alto contenido en betaxantina responsable de su color rojizo, como se aprecia en la figura 16.

La remolacha tiene un promedio de 50 a 60 días de crecimiento hasta su recolección, para su óptimo crecimiento este tubérculo debe permanecer entre 15°C y 18°C, para condiciones de riego la remolacha necesita 20 l/m² al día, durante todo su proceso, tanto de germinación como de crecimiento la planta requiere una humedad relativa entre 70% y 90%⁹⁵.

Asociaciones favorables: judías enanas, familia de la col, lechuga, cebolla.

Figura 16. Remolacha.



Fuente: [En línea]. Disponible en Internet: <https://soycomocomo.es/despensa/la-remolacha>

La acelga (*Beta vulgaris* var. *cicla*), es una subespecie de *Beta vulgaris* así como la remolacha, pero la diferencia es que en este, se aprovechan sus hojas y no sus raíces

⁹⁵ GAITAN, Henry. [En línea]. [Madrid, España]: EL CULTIVO DE LA REMOLACHA. Sep. 2019, Disponible en Internet: <https://www.infoagro.com/herbaceos/industriales/remolacha_azucarera.htm >

además que en cualquier etapa de su período vegetativo sirve para el consumo, su etapa de consumo más conocida se observa en la figura 17, es extremadamente rica en vitamina K seguida de vitamina A y C, también posee alto contenido en magnesio y manganeso.

La acelga tiene un promedio de 45 a 55 días de crecimiento hasta su primera recolección, para su óptimo crecimiento esta planta debe permanecer entre 18°C y 22°C, para condiciones de riego la acelga necesita 3 l/m² al día, durante todo su proceso, tanto de germinación como de crecimiento la planta requiere una humedad relativa entre 60% y 80%⁹⁶.

Asociaciones favorables: judías, la familia de la col, el ajo y la cebolla.

Figura 17. Acelga.



Fuente: [En línea]. Disponible en Internet:

<https://www.hogarmania.com/cocina/programas-television/karlos-arguinano-en-tu-cocina/consejos-nutricionales/acelgas-para-prevenir-cataratas-enfermedades-14630.html>

El tomillo (*Thymus vulgaris*), es una planta aromática donde se aprovechan sus hojas y flores, esta se consume mayormente en un estado maduro como se puede observar en la figura 18, sin embargo, en cualquier etapa de su período vegetativo sirve para el consumo, crece en climas templados, templado-cálidos y de montaña. Resisten bien las heladas y sequías, pero no el encharcamiento ni el exceso de humedad ambiente.

El tomillo tiene un promedio de 30 a 40 días de crecimiento hasta su primera recolección, para su óptimo crecimiento esta planta aromática debe permanecer entre 16°C y 20°C, para condiciones de riego el tomillo necesita 2 l/m² al día, durante todo

⁹⁶ MACHADO, Valentina. *Frytas & Hortalizas*. [En línea]. [Quito, Ecuador]: Acelga, Beta Vulgaris. Cyclo, May. 2019, Disponible en Internet: < <https://www.frutas-hortalizas.com/Hortalizas/Presentacion-Acelga.html> >

su proceso, tanto de germinación como de crecimiento la planta requiere una humedad relativa entre 50% y 70%⁹⁷.

Asociaciones favorables: Col.

Figura 18. Tomillo.



Fuente: [En línea]. Disponible en Internet: <https://unisima.com/salud/tomillo/>

La albahaca (*Ocimum basilicum*), es una planta aromática donde se aprovechan sus hojas, o sea puede consumirse en cualquier etapa de su período vegetativo, mayormente su consumo se da cuando la planta está saliendo de la fase de maduración como se observa en la figura 19.

La albahaca tiene un promedio de 45 a 60 días de crecimiento hasta su primera recolección, para su óptimo crecimiento esta planta aromática debe permanecer entre 18°C y 22°C, para condiciones de riego la albahaca necesita 2,5 l/m² al día, durante todo su proceso, tanto de germinación como de crecimiento la planta requiere una humedad relativa entre 60% y 70%⁹⁸.

Asociaciones favorables: Tomates, pimientos, espárragos.

⁹⁷ TAMES, Filipo. HydroEnvroment [En línea]. [Tlalnepantla, Mexico]: Guía para el cultivo del tomillo. Ene. 2016, Disponible en Internet: <https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=295#:~:text=Prefiere%20climas%20templados%20y%20crece,oto%C3%B1o%20y%20principios%20de%20primavera.>

⁹⁸ ROSSI, Samir. Elicriso, revista sobre el entorno y la naturaleza. [En línea]. [Francia, Italia]: Plantas aromáticas, albahaca. Mar. 2011, Disponible en Internet: < https://www.elicriso.it/es/plantas_aromaticas/albahaca/>

Figura 19. Albahaca.



Fuente: [En línea]. Disponible en Internet: <https://smart-lighting.es/manipulando-sabor-olor-hierbas-aromaticas-luz/>

El cilantro (*Coriandrum sativum*), es una planta de uso común en la cocina debido a su aroma, se aprovechan sus hojas y sus tallos, crece en climas templados, pero toleran el clima templado-cálido, es en el mercado de las más comercializadas y su forma se puede observar en la figura 20.

El cilantro tiene un promedio de 50 a 60 días de crecimiento hasta su primera recolección, para su óptimo crecimiento esta planta aromática debe permanecer entre 15°C y 18°C, para condiciones de riego el cilantro necesita 2 l/m² al día, durante todo su proceso, tanto de germinación como de crecimiento la planta requiere una humedad relativa entre 70% y 80%⁹⁹.

Asociaciones favorables: Todos los vegetales.

Figura 20. Cilantro.



Fuente: [En línea]. Disponible en Internet: <https://okdiario.com/recetas/propiedades-del-cilantro-2531419>

El brócoli (*Allium schoenoprasum*), es una planta de uso común en la cocina una vez ha florecido, esta hortaliza florecida se puede observar en la figura 21, se caracteriza

⁹⁹ ESPINO, Ariel. InfoAgro, toda la agricultura en internet. [En línea]. [Madrid, España]: El cultivo del cilantro. Sep. 2019, Disponible en Internet: <<https://www.infoagro.com/aromaticas/cilantro.htm> >

porque se aprovechan sus flores carnosas y sus tallos jugosos, crece en climas templados y frescos no toleran el calor ya que sus flores se ponen amargas debido a las altas temperaturas.

El brócoli tiene un promedio de 50 a 75 días de crecimiento hasta su primera recolección, para su óptimo crecimiento esta planta debe permanecer entre 16°C y 18°C, para condiciones de riego el brócoli necesita l/m² al día, durante todo su proceso, tanto de germinación como de crecimiento la planta requiere una humedad relativa entre 60 y 75%¹⁰⁰.

Asociaciones favorables: La remolacha, el apio acelga, pepino, lechuga, cebolla, papa, espinaca.

Figura 21. Brócoli.



Fuente: [En línea]. Disponible en Internet:

<https://www.elperiodico.com/es/sociedad/20190204/brocoli-propiedades-recetas-7285169>

El cebollín (*Brassica oleracea* var), es una planta de uso común en la cocina de la que se utilizan solo las hojas y el tallo como hierba aromática, debido que se usa como un condimento ya que tiene un sabor parecido al de la cebolla común, pero es de menores dimensiones y con ramas más verdes, véase figura 22.

El cebollín tiene un promedio de 50 a 55 días de crecimiento hasta su primera recolección, para su óptimo crecimiento esta planta debe permanecer entre 18°C y

¹⁰⁰ COLLADO, Marco. Planeta Huerto, cultiva tu vida. [En línea]. [Sevilla, España]: Cultivo del brócoli: Cómo plantar brocoli fácil. Ene. 2020, Disponible en Internet: <https://www.planetahuerto.es/revista/cultivo-del-brocoli_00164>

26°C, para condiciones de riego el cebollín necesita 3 l/m² al día, durante todo su proceso, tanto de germinación como de crecimiento la planta requiere una humedad relativa entre 65 y 75%¹⁰¹.

Asociaciones favorables: Remolacha, familia de la col, zanahorias, acelga, lechuga, pimiento, fresa, tomate.

Figura 22. Cebollín.



Fuente: [En línea]. Disponible en Internet:
<http://itzelargumenta.blogspot.com/2012/04/el-cebollin.html>

El rábano (*Raphanus sativus*), es una planta de la que se utilizan sólo sus raíces, estas raíces se pueden observar en la figura 23, es rica en vitamina C y B6, también posee alto contenido en potasio.

El rábano tiene un promedio de 30 a 40 días de crecimiento hasta su primera recolección, para su óptimo crecimiento esta planta debe permanecer entre 18°C y 20°C, para condiciones de riego el rábano necesita 4 l/m² al día, durante todo su proceso, tanto de germinación como de crecimiento la planta requiere una humedad relativa entre 60 y 80%¹⁰².

Asociaciones favorables: Remolachas, judías, zanahorias, pepino, lechuga, melón, chirivía, guisantes, espinacas y familia de la calabaza.

¹⁰¹ GRIBALJA, Asher. El huerto urbano. [En línea]. [Valencia, España]: Cultivo del cebollín. Jun. 2018, Disponible en Internet: <<https://www.elhuertourbano.net/aromaticas/cultivo-del-cebollino/>>

¹⁰² OLIVAR, Benjamin. El huerto de Urbano. [En línea]. [Bogotá, Colombia]: El huerto de Urbano. Jul. 2012, Disponible en Internet: <<http://www.huertodeurbano.com/como-cultivar/rabano/>>

Figura 23. Rábano.



Fuente: [En línea]. Disponible en Internet: <https://mercagarden.com/hortifichas/rabano-o-rabanito.html>

La menta (*Mentha*), es una planta aromática donde se aprovechan sus hojas, o sea puede consumirse en cualquier etapa de su período vegetativo, como se observa en la figura 22, crece en climas tropicales, sin embargo, tiene alta tolerancia a los climas cálidos.

La menta tiene un promedio de 45 a 60 días de crecimiento hasta su primera recolección, para su óptimo crecimiento esta planta aromática debe permanecer entre 15°C y 20°C, para condiciones de riego la menta necesita 4 l/m² al día, durante todo su proceso, tanto de germinación como de crecimiento la planta requiere una humedad relativa entre 70 y 80%¹⁰³.

Asociaciones favorables: La col, la coliflor y el brócoli. La remolacha, los guisantes y los tomates.

Figura 24. Menta.



Fuente: [En línea]. Disponible en Internet: https://www.planetahuerto.es/revista/como-cultivar-menta_00345

¹⁰³ LACAYO, Oliver. El huerto de Urbano. [En línea]. [Valencia, España]: Como cultivar menta. Jun. 2018, Disponible en Internet: <https://www.planetahuerto.es/revista/como-cultivar-menta_00345>

El pepino (*Cucumis sativus*), considerado una fruta debido a que posee semillas pequeñas en el medio y crecen de la flor de la planta, esta se puede observar en la figura 25, crece muy bien en climas cálidos y templados, es rico en vitamina K y C, también posee alto contenido en ácido pantoténico.

El pepino tiene un promedio de 50 a 60 días de crecimiento hasta su recolección, para su óptimo crecimiento esta fruta debe permanecer entre 20°C y 30°C, para condiciones de riego el pepino necesita 4 l/m² al día, durante todo su proceso, tanto de germinación como de crecimiento la planta requiere una humedad relativa entre 60% y 70%¹⁰⁴.

Asociaciones favorables: judías, familia de las coles, el maíz, guisante, rábano, tomate, girasol.

Figura 25. Pepino.



Fuente: [En línea]. Disponible en Internet: <https://mejorconsalud.as.com/el-pepino-y-sus-bondades/>

La lechuga (*lactuca sativa*), crecen muy bien en regiones semi templadas, contiene vitaminas C, E, B1, B2 y B6 es rica en antioxidantes, fibra, sales minerales y provitamina A, también posee alto contenido en ácido fólico, hierro y potasio, tiene una peculiar forma ovalada, debido a que sus hojas se direccionan hacia el centro de la planta, esta se puede observar en la figura 26.

La lechuga tiene un promedio de 30 a 40 días de crecimiento hasta su recolección, para su óptimo crecimiento esta hortaliza debe permanecer entre 18°C y 20°C, si supera una temperatura de 30°C se detiene su crecimiento dejando la lechuga un sabor poco agradable, para condiciones de riego la lechuga necesita 3 l/m² al día, durante todo su

¹⁰⁴ VELARDE, Zaid. El cultivo del pepino [En línea]. [Madrid, España]: Guía práctica para la producción profesional e intensiva del pepino, hortaliza de la familia de las cucurbitáceas. Jun. 2019, Disponible en Internet: <https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_pepino__parte_i_.asp>

proceso, tanto de germinación como de crecimiento, la planta requiere una humedad relativa entre 60% y 80%¹⁰⁵,

Asociaciones favorables: Remolacha, familia de la col, zanahoria, cebolla, rábano, fresa, acelga, ajo, judías.

Figura 26. Lechuga.






Fuente: [En línea]. Disponible en Internet:
<https://www.frutasramirez.com/producto/distribucion-lechuga-iceberg-malaga/>

¹⁰⁵ NIETO, Santiago. InfoAgro, toda la agricultura en internet. [En línea]. [Madrid, España]: [Cusco, Perú]: El cultivo de la lechuga. Oct. 2019, Disponible en Internet: <https://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm>

1.8.1.11 Tabla de resúmenes de huertas y hortalizas.

- **Tabla 1. Descripción, materiales de implementación y tipo de hortalizas o frutas que se pueden cultivar dependiendo el diseño de la huerta.**

Tipo de huerta	Descripción	Materiales de implementación	Hortalizas o frutas que se pueden cultivar
<p>De chorizo¹⁰⁶</p> 	<p>Son construidas por medio de bolsas de basura. Pueden ser creadas generalmente de forma larga vertical. Donde ocupan poco espacio por su diseño y se pueden cultivar diferentes variedades.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bolsa plástica gruesa negra • Tubo de PVC • Sustrato de plantas • Sistema de aseguramiento caucho alambre cuerda o lazo 	<p>Perejil Apio Lechuga</p>
<p>De meseta o contenedores¹⁰⁷</p> 	<p>Son construidas en materiales como vidrio plástico o madera. Se realizan diferentes diseños dependiendo del espacio es más común es la huerta de contenedor.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tablas • Puntillas • Plástico grueso • Sustrato 	<p>Albahaca Brócoli Coliflor zanahoria Pepinos Ajos Lechugas Papas Rábanos cebollas espinacas tomates</p>
<p>Hidropónica¹⁰⁸</p> 	<p>Son construidas con materia de vidrio, madera o plástico pueden tener diferente diseño dependiendo del espacio disponible. Las semillas se siembran de 10 a 30 cm de separación y de 1 a 2 cm de profundidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Recipiente • Sustrato • Soporte de bases • Cuerdas 	<p>Lechuga Tomate Pimienta Espinaca Menta Apio Albahaca Orégano Valeriana Jengibre Perejil Ajo</p>

Fuente: Elaboración propia basada en la investigación de la información.

¹⁰⁶ Fuente: [En línea]. Disponible en Internet: <http://cursovirtualhidroponia.blogspot.com/2017/05/cultivo-hidroponico-vertical-en-bolsas.html>

¹⁰⁷ Fuente: [En línea]. Disponible en Internet: <https://www.pinterest.es/pin/4996249576638593/>.

¹⁰⁸ Fuente: [En línea]. Disponible en Internet: <https://www.elcampesino.co/huertas-hidroponicas-una-alternativa-producir-alimentos/>

Tabla 2. Tabla resumen de posibles hortalizas a sembrar.

	Días	Temperatura(° C)	Riego (l/m ²)	(Humedad Relativa) (%)
Espinaca	40/55	14/18	2,5	60-80%
Lechuga	30/40	18/20	3	60-80%
Pepino	50/60	20/30	4	60-70%
mini Zanahoria	40/70	16/18	3,5	70-80%
Remolacha	50/60	15/18	20	70-90%
Acelga	45/55	18/22	3	60-80%
Tomillo	30/40	16/20	2	50- 70%
Albahaca	45/60	18/22	2,5	60-70%
Cilantro	50/60	15/18	2	70-80%
Brócoli	50/75	16/18	4	60-75%
Cebollín	50/55	18/26	3	65 -75%
Rábano	30/40	18/20	4	60-80%
Menta	20/30	15/20	4	70-80%

Fuente: Elaboración propia.

- **Tabla de resumen de dispositivos electrónicos.**

Para la selección de los sensores, se utiliza en la tarjeta inteligente los mismos que para la Huerta Automatizada, sin embargo, se tiene a consideración que la tarjeta inteligente consta de un sensor de calidad del aire (MQ135), el cual no es utilizado en la huerta y la huerta cuenta con un sensor de humedad de tierra (FC28), el cual no es utilizado en la tarjeta inteligente.

Se realizan tablas 3, 4, 5 y 6 en las que se divide por categorías, según la variable ambiental a sensor, estas variables serán, temperatura, humedad relativa, intensidad lumínica, calidad del aire y humedad del suelo, se seleccionan los sensores que cumplan con varios requisitos como lo son, el rango de operación, el voltaje de operación y la precisión, así como también se tendrá en cuenta la accesibilidad del

dispositivo en el mercado y su precio, todo esto con el fin de ser comparados para posteriormente seleccionar el sensor que mejor se adecue a las necesidades del trabajo de grado.

Tabla 3. Sensores de temperatura y humedad relativa.

Sensor.	Rango.	Voltaje de operación.	Precisión.	Output.
LM35	-55° / 150°	4V / 30V	±0.5°	ANALOG
MLX90614	-20° / 120°	3V / 5V	±0.5°	DIG (PWM)
TMP36	-40° / 125°	2.7V / 5.5V	±0.5°	ANALOG
DS18B20	-55° / 125°	3.0V / 5.5V	±0.5°	DIG
Dth11	0° / 50 ° RH: 20% / 90%.	3.3V / 5V	±2.0 °C ±5% RH.	ANALGO Y DIG
Sht10	-10° / 80°C RH: 0 / 100%:	5V	±0.5°C ±5.0%RH	ANÁLOGO Y DIG

Fuente: Elaboración propia.

Para la toma de mediciones de la temperatura y la humedad relativa, se escoge de la tabla 3, el sensor DHT11 debido a que garantiza la operación, a los rangos de humedad relativa y temperatura necesarios, para los cultivos de los vegetales seleccionados, esta temperatura oscila entre 14° y 20°, se selecciona también este sensor por su facilidad de uso y precio en el mercado.

Tabla 4. Sensores de calidad del aire.

Sensor.	Rango (ppm).	Voltaje de operación	Precisión.	Output.
MQ 135	1 - 100	5V	±3%	ANÁLOGO Y DIG TTL
MQ7	10 -1000	5V	± 5%	ANÁLOGO Y DIG
CCS811	0 a 1187	3.3 A 5V	±2%	DIG

Fuente: Elaboración propia.

Para la toma de mediciones de calidad del aire, se selecciona de la tabla 4, el sensor MQ135 debido a que entre todos los sensores cubre la mayor gama de gases comunes en los hogares y que son nocivos para la salud, también se selecciona este sensor ya que tiene una gran facilidad de uso y entrega sus valores directamente en partículas por millón (ppm).

Tabla 5. Sensores de intensidad lumínica.

Sensor.	Rango (lux).	Voltaje de operación	Precisión.	Output.
TSL2561	0.1 a 40,000	3V A 5V	Alta precisión configurables en el rango de medición	DIG
BH1750	0-65535	3.3 V A 5V	0.5 - 1 %	DIG
MÓDULO CON FOTORESISTENCIA – LDR	“0” si la intensidad de luz excede el valor fijado en el potenciómetro o y es un “1” en caso contrario.	3.3 V A 5V	Sensibilidad ajustable con potenciómetro	ANÁLOGO Y DIG

Fuente: Elaboración propia.

Para la toma de mediciones de intensidad lumínica, se selecciona de la tabla 5, el sensor BH1750 debido a su gran rango de medición y su precisión configurable, también se selecciona este sensor por su fácil uso, su protocolo de comunicación sencillo y su accesibilidad en el mercado.

Tabla 6. Sensores de humedad del suelo.

Sensor	Rango	Voltaje de operación	Precisión	Output
HD-38	0 - 100% de humedad relativa.	3.3/12V	± 5%	Analógico y digital.
FC-28	0 - 100% de humedad relativa	3.3V /5V DC	Su precisión es variable obtendremos una señal LOW cuando el suelo no está húmedo, y HIGH cuando la humedad supera el valor programado.	Analógico y digital.

Fuente: Elaboración propia.

Para la toma de mediciones de la humedad del suelo, se selecciona de la tabla 6, el sensor FC28 debido a que su precisión va apoyada con el mejor modo de medición del mercado, siendo utilizado incluso en agricultura de precisión, también se selecciona por su accesibilidad en el mercado y su sencillo modo de operación.

1.8.2 Diseño.

1.8.2.1 Diseño de la huerta.

El diseño de la huerta está pensado para viviendas vulnerables como se observa en la caracterización de las viviendas, se realizó un diseño de la forma vertical que ocupa poco espacio con una altura de 150 cm, un ancho de 100 cm y un fondo de 40 cm como se observa en la figura 28. Este diseño se realiza debido a que, en la investigación previa, se evidenció que la mayoría de las casas vulnerables cuentan con espacios amplios los cuales son desaprovechados o cuentan con área demasiado reducida.

Dado que la estructura de estas viviendas no es sólida y presentan deficiencias, se optó por una huerta con propia base que ocupa poco espacio en las viviendas, con unas dimensiones diferentes en los tipos de cajón o bases de siembra, esto depende del tipo de siembra que se realice en cada cajón.

En piso de arriba se va a realizar una siembra directa, es decir que el proceso de crecimiento de la planta se puede hacer totalmente hasta que la planta genere la cosecha de la siembra, pero es de aclarar que también se puede realizar la indirecta, es decir, que solo realiza el proceso de germinación de la semilla hasta que tenga un promedio de 5 cm de profundidad de raíz, para después poder ser trasladada a otra huerta o cultivo para terminar su crecimiento, este cajón superior tiene unas medidas de 20 cm de altura con una ancho de 100 cm y de fondo de 40cm, donde se puede cultivar semillas como las de lechuga, rábanos, zanahorias baby, el nivel de la altura de la tierra aproximado debe ser de 19 cm, esta tierra debe ser orgánica y contener nutrientes o abono como ente caso fue turba para ayudar el crecimiento de la plantas.

En el cajón de la parte inferior también se va a realizar una siembra directa, debido a que este cajón tiene una altura de 40 cm, 100 cm de ancho y 40 cm de fondo, la tierra se recomienda orgánica con una mezcla de turba, como se realizó en este caso, gracias a los 40 cm de profundidad, permite mayor aprovechamiento al sembrar semillas de tubérculos, así como también de hierbas aromáticas como albahacas, cilantro, perejil, hierbabuena, mentas o caléndulas, ya que estas plantas no necesitan tanta luz, y aprovechan la profundidad del piso inferior.

Por lo general se siembran las semillas en una distancia entre los 10 cm y 30 cm de distancia, la distancia recomendable entre los bordes de la huerta y las semillas es de 15 cm de distancia, para este caso quedaría una distribución de 2 filas con 5 columnas y se siembra un máximo de dos especies por piso de la huerta, como se evidencia en la figura 27.

Los primero 30 cm de altura del piso inferior de la huerta, se diseñaron como la base de esta, con el fin de que no reposara sobre el piso y se pudiera drenar el agua, los 40 cm del cajón inferior se realizaron para cultivar plantas con semillas más grandes como lechuga, albahaca, espinaca donde las raíces necesitan más espacio cuando crecen, de tal manera nace la necesidad de tener 30 cm de espacio entre los cajones, los 20 cm del cajón superior se diseñaron para cultivar semillas que no necesitan tanto espacio en las raíces, como lechuga, rábano, y zanahoria baby, finalmente los 30 cm de espacio faltante en la parte superior de la huerta se diseñaron para que la planta tenga espacio de crecimiento y que se pueda realizar cualquier tipo de siembra ya sea directa o indirecta como se prefiera.

Los 100 cm de ancho de la huerta se diseñaron para tener gran capacidad de siembra, Este espacio se diseñó por la necesidad de que las plantas que necesitan cierto espacio para su crecimiento lo tengan, por ultimo los 40 cm de fondo debido a los espacios reducidos como se explica en la caracterización de las viviendas.

La base se realiza en estructura de madera conocida como pino canadiense y pino chileno, los cuales tienen una buena durabilidad y son resistentes. Para protegerla de deterioro rápido en los cajones se forro con un plástico negro y grueso, en la base de cada cajón, se realizaron orificios pequeños para generar un drenaje del agua, ayudando a que las plantas tengan mayor oxigenación, y que posteriormente esta agua drenada sea recogida por un recipiente externo, con la intención de que no ingrese al cajón inferior de la huerta.

Para la parte frontal se instaló un vidrio, este con el fin de que las personas puedan observar las hortalizas cultivadas, con los diferentes sensores utilizados en la huerta como humedad, temperatura y luminosidad entre otros. En la parte superior también se cerró con una lámina de madera conocida como triple para ayudar a que no ingresen partículas contaminantes a la huerta y dañen la siembra de buena calidad, en la parte posterior cuenta con unas puertas para que las personas puedan realizar cualquier cambio al cultivo sin ningún problema.

Diseño de Huerta Indoor.

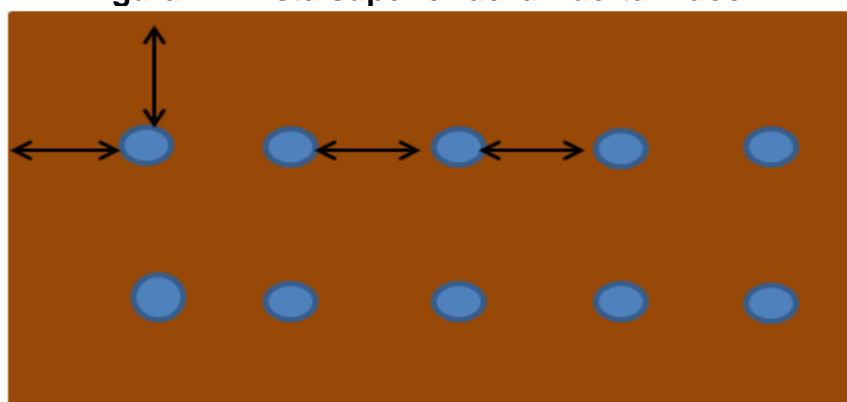
- 20 cm de distancia



- Semillas

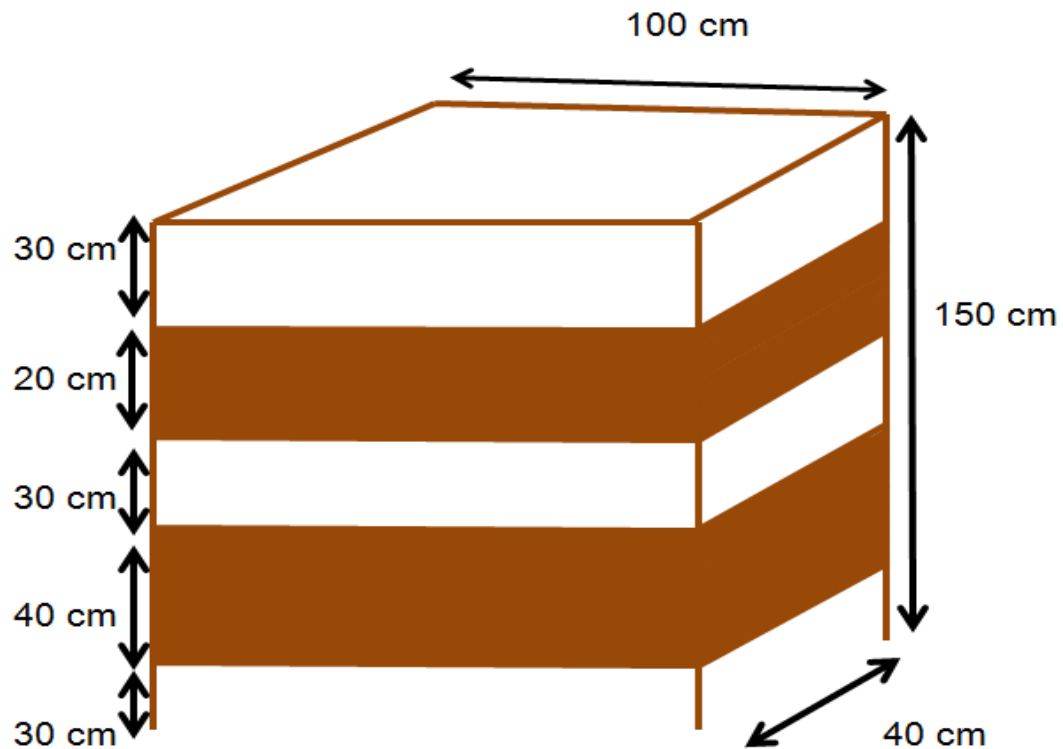


Figura 27. Vista superior de la Huerta Indoor.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 28. Diseño de medidas Huerta Indoor.



Fuente: Elaboración propia.

1.8.2.2 Diseño electrónico

Para el diseño, se utiliza un contenedor cuadrado como se observa en la figura 29, en la cara lateral derecha del contenedor se instala el sensor de calidad del aire, en la cara lateral derecha del contenedor se instala el sensor de humedad y temperatura, y en la cara superior se instala el sensor de luminosidad y pantalla LCD, finalmente se decide usar un contenedor con un ancho equivalente al ancho de la pantalla LCD y de alto se toma como referencia las dimensiones del microcontrolador, de modo que este y la batería se puedan almacenar en su interior, para la tarjeta inteligente se emplean los sensores seleccionados anteriormente, estos sensores trabajan coordinados por el microcontrolador Arduino Leonardo, microcontrolador que se selecciona debido a que cumple los requisitos de comunicación I2C necesarios para la conexión del sensor de luminosidad y la

conexión con la pantalla LCD, además de contar con dos pines diferentes de alimentación para dos referencias de voltaje que son 3.3V y 5V.

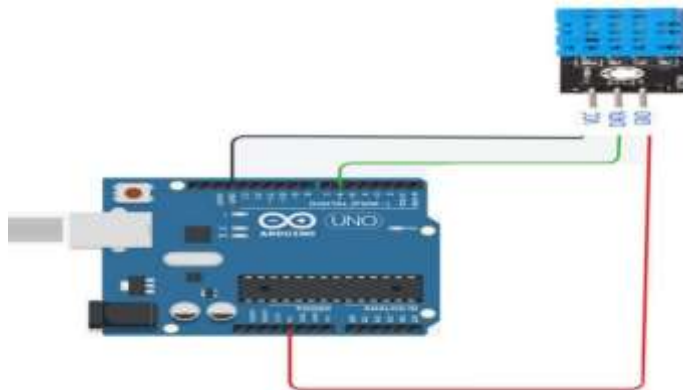
Para la temperatura y humedad relativa se usa sensor DHT11 el cual toma datos y los envía al pin 3 del microcontrolador como se ve en la figura 30, para la calidad del aire se selecciona el sensor MQ135 que al mezclarse con los gases comunes en las viviendas cambian su conductividad y da un valor de referencia, el cual envía al pin A0, el último sensor corresponde a la intensidad lumínica y es el BH1750, el cual se conecta a los pines de comunicación I2C del microcontrolador como se evidencia en la figura 31. Los datos que recopila el microcontrolador son mostrados al usuario final, mediante una pantalla LCD con un tamaño de 16x2, en la que se imprimen los valores de las variables ambientales sensadas. El microcontrolador se alimenta a través de una batería de 9V, la pantalla y los sensores se alimentan a través de los pines de alimentación del microcontrolador.

Figura 29. Contenedor Tarjeta Inteligente.



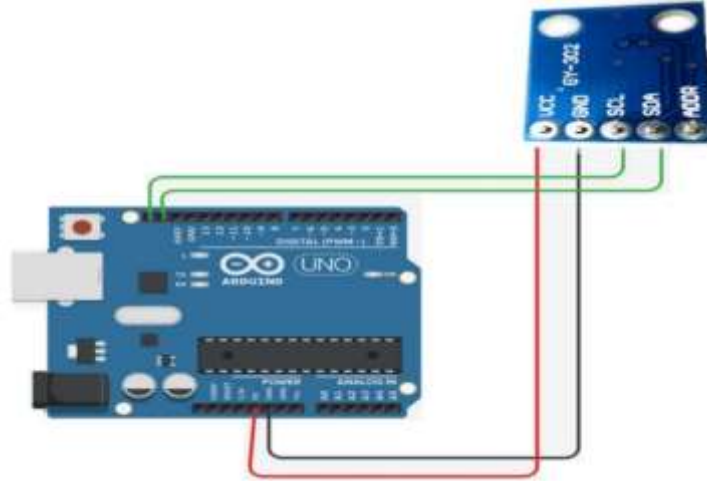
Fuente: Elaboración propia.

Figura 30. Conexión DHT11 al microcontrolador.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 31. Conexión BH1750 al microcontrolador.



Fuente: Elaboración propia.

1.8.3 Implementación y pruebas

1.8.3.1 Huerta Indoor Automatizada.

A continuación, se documenta el paso a paso del montaje de la huerta, esta se inicia con el esqueleto de esta, esta estructura como se especificó anteriormente supe las

dimensiones según la caracterización de las viviendas investigadas y se puede observar en la figura 32.

Figura 32. Estructura de la Huerta Indoor.



Fuente: Elaboración propia.

El siguiente paso es acondicionar la huerta para controlar las variables ambientales internas, por lo que se procede a sellar la huerta y dejar únicamente en los laterales el espacio para un ventilador, que funciona de actuador para el sensor de la variable ambiental de temperatura, este se activa una vez los niveles de temperatura superan

su umbral especificado en la tabla 2, se evidencia el acabado de los vidrios junto a los ventiladores en la figura 33.

Figura 33. Instalación de vidrios y ventilador.



Fuente: Elaboración propia.

Se continua con la mezcla del sustrato y la turba, como se observa en la figura 34, el abono no se colocará directamente sobre la madera por lo que se hace una manta plástica dotada de los canales de drenaje, los cuales van directamente a los canales de

recolección de aguas residuales que posteriormente llevan estas aguas a un recipiente externo, el fondo con la manta plástica se evidencia en la figura 35.

Figura 34. Mezcla del abono con la turba.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 35. Forro plástico para impermeabilización.



Fuente: Elaboración propia.

Terminado de impermeabilizar el fondo de la huerta, se rellena con sustrato mezclado y se procede a instalar los respectivos sensores de humedad de la tierra FC28, en cada piso de la huerta, el cual queda como se observa en la figura 36. Se instalan los sensores restantes, el sensor de temperatura y humedad, se instala en la esquina superior izquierda en cada piso, contraria a la ubicación de los ventiladores como se evidencia en la figura 37. Se instala finalmente el sensor de intensidad lumínica BH1750, en la superior izquierda de cada piso y su resultado se observa en la figura 38.

Figura 36. Ubicación sensor de humedad del suelo FC28.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 37. Ubicación sensor de temperatura y humedad DHT11.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 38. Ubicación sensor de intensidad lumínica BH1750.



Fuente: Elaboración propia.

Para finalizar la implementación de la huerta, se instalan los respectivos canales de desagüe ya mencionados, estos se instalan debajo de cada piso como se evidencia en la figura 39.

Figura 39. Canales de desagüe.



Fuente: Elaboración propia.

1.8.3.2 Tarjeta Inteligente

A continuación, se documenta el paso a paso del montaje de la Tarjeta Inteligente, la cual consta de un contenedor de cartón, con dimensiones ideales para poder ser manipulada con una mano, los sensores respectivos y una pantalla LCD para la impresión de los valores sensados, se inicia realizando las cavidades para los sensores como se observa en la figura 40.

Figura 40. Fase inicial de contenedor de la tarjeta inteligente.



Fuente: Elaboración propia.

Seguido esto se agregan los sensores de calidad del aire MQ135 en el lateral derecho como se observa en la figura 41, en el lateral opuesto se ubica el sensor de temperatura y humedad el DHT11, como se observa en la figura 42.

Figura 41. Sensor de calidad del aire MQ135 en tarjeta inteligente.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 42. Sensor de temperatura y humedad relativa DHT11 en tarjeta inteligente.



Fuente: Elaboración propia.

En la parte frontal del contenedor se ubica el sensor de intensidad lumínica el BH1750 y la pantalla LCD, esto con el fin de una fácil lectura de los datos, como se observa en la figura 43.

Figura 43. Parte frontal de la tarjeta inteligente.



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se agrega la alimentación del montaje y ya conectados los sensores al microcontrolador, se cierra el contenedor, quedando el dispositivo listo para su uso

como se ve en la figura 44, en la que se sensa las variables ambientales en la sala de la casa seleccionada.

Figura 44. Fase final de la tarjeta inteligente.



Fuente: Elaboración propia.

1.8.4 Validación.

1.8.4.1 Validación Tarjeta Inteligente.

Una vez completa la tarjeta con todos los sensores integrados, a continuación, se presentan las tomas realizados en diferentes escenarios para demostrar el correcto funcionamiento de la tarjeta inteligente. La primera prueba se realiza en el baño después de una ducha y se observa en la figura 45, los valores en la pantalla de la tarjeta con valores de humedad relativa, comprobando valores anteriormente medidos.

Figura 45. Tarjeta inteligente sensando variables ambientales en el baño.



Fuente: elaboración propia.

La siguiente, prueba se realiza con la luz ambiente de la sala a horas del mediodía, y se evidencia en la figura 46, los valores de luminosidad cercanos a los tomados anteriormente en la prueba individual, los valores de temperatura son también aproximados a los valores tomados anteriormente lo que evidencia el correcto funcionamiento de los sensores integrados. Se realiza la siguiente medición al aire libre, en la parte de afuera de la vivienda seleccionada en horas de la noche, para sensar los valores de luminosidad y se evidencia en la figura 47.

Figura 46. Tarjeta inteligente con la luz ambiente de la sala a horas del mediodía.



Fuente: elaboración propia.

Figura 47. tarjeta inteligente sensando variables ambientales al aire libre.



Fuente: elaboración propia.

Se hacen mediciones en la cocina, el gas de la estufa es abierto durante unos segundos con el fin que el sensor de calidad del aire tome medidas, las cuales se evidencian en la figura 48, estos valores son aproximados a los tomados anteriormente, lo que comprueba un correcto funcionamiento de los sensores integrados para la tarjeta inteligente.

Figura 48. Tarjeta inteligente sensando en la cocina.



Fuente: elaboración propia.

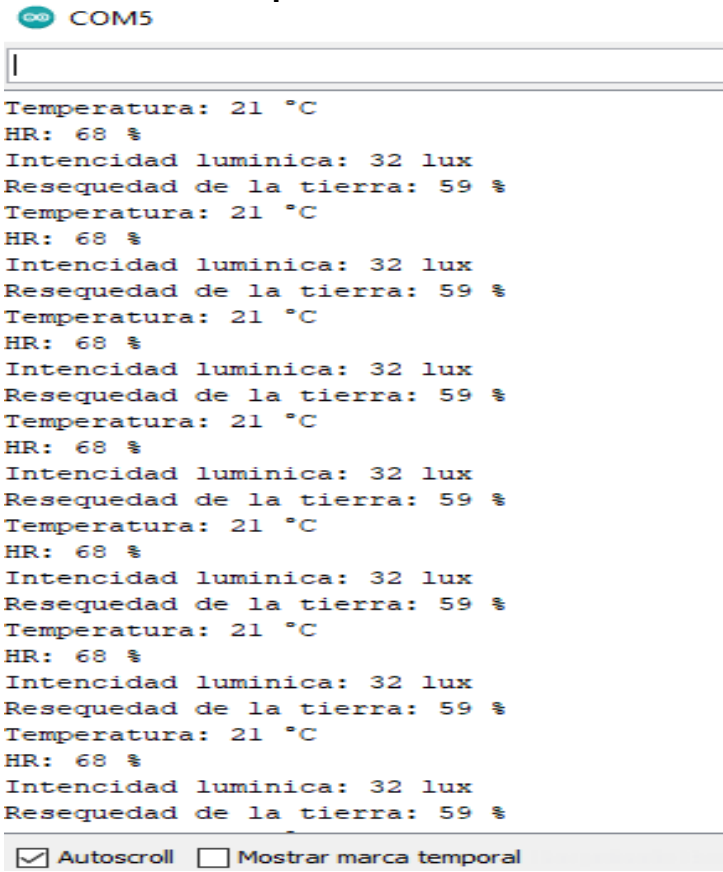
Con todo esto se concluye el correcto funcionamiento de todos los sensores de la tarjeta inteligente, así como también la pantalla de cristal líquido.

1.8.4.2 Validación Huerta Indoor Automatizada.

Una vez terminado de conectar todos los componentes de la huerta, se procede a realizar la comprobación de todo el sistema, para lo que inicialmente se evidencia en la figura 49 se observan los resultados de todos los sensores trabajando juntos, en el cual para valores mayores a 22 grados, el microcontrolador envía la orden de activar el ventilador a través del pin 9, también se evidencia otra orden importante y es al superar el umbral de 72%, según cálculos realizados en las pruebas realizadas

para este sensor, el microcontrolador envía la orden de activar la motobomba a través del pin 10.

Figura 49. Control de para Huerta Indoor Automatizada.



Fuente: elaboración propia.

En la figura 50, se muestra el sistema completo sensando las variables ambientales de la huerta, como los niveles de las variables ambientales no han superado sus umbrales, todos los actuadores se encuentran apagados. Como prueba inicial, se aumenta la temperatura dentro del primer piso de la huerta, con el fin de evidenciar la activación de los ventiladores en la figura 51, se muestra que, una vez superados

los 22°C, el ventilador se activa hasta que la temperatura este por debajo de los 22°C.

Figura 50. Huerta Indoor Automatizada con todos los sensores funcionando.



Fuente: elaboración propia.

Figura 51. Funcionamiento del sensor y actuador de temperatura.

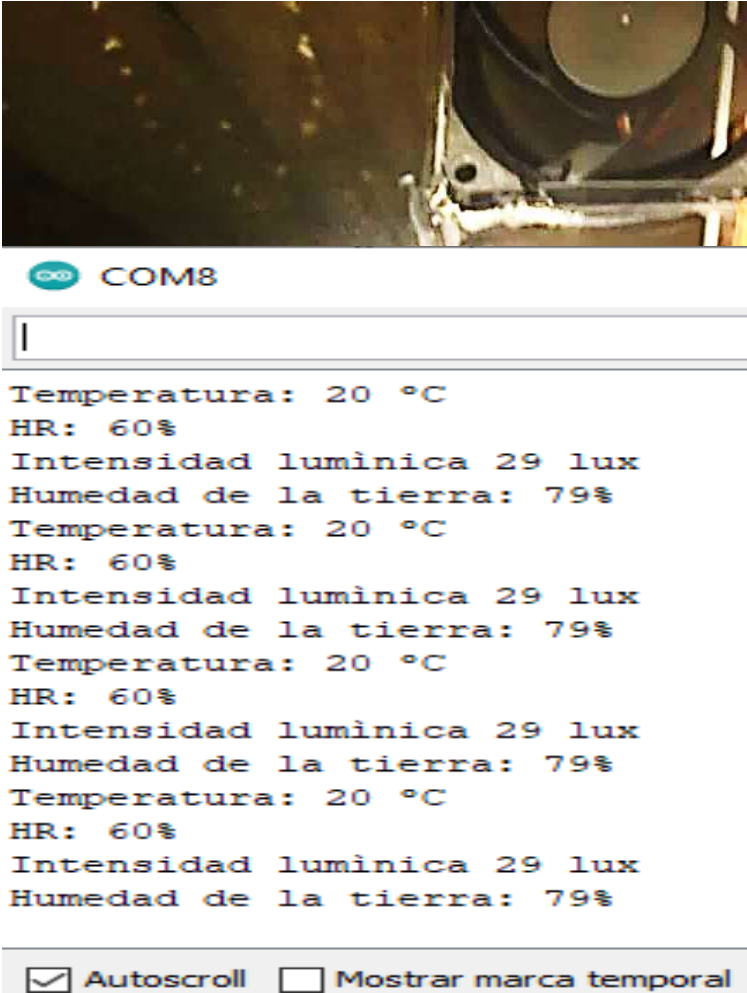


Fuente: elaboración propia.

Una vez terminada esta prueba, se comprueba el funcionamiento del sensor de humedad de la tierra y el control de esta variable, usando tierra seca y aumentando la temperatura. En la figura 52, se observa que, superados los valores registrados de temperatura por encima de 22°C y humedad de la tierra encima del umbral de 72%, se activan el ventilador y la motobomba hasta que se lleguen a los valores de humedad y

temperatura especificados anteriormente, siendo esta temperatura 22°C y humedad relativa 72%.

Figura 52. Funcionamiento de los sensores y actuadores para temperatura y humedad de la tierra.



En la figura 53, se observa el funcionamiento de los canales de recolección de aguas residuales, en la que una vez se filtran estos excesos de agua, se dirigen hacia los canales a través de los agujeros de drenaje del fondo del piso inferior.

Figura 53. Funcionamiento de los canales de recolección de aguas residuales.



Fuente: elaboración propia.

1.9 IMPACTO Y RESULTADOS ESPERADOS

Con este trabajo de grado se espera generar un impacto económico en las familias vulnerables, generando una fuente de ingresos adicional por medio de las huertas Indoor automatizadas. También se espera que en estas familias se logre los beneficios de las huertas Indoor que se identificaron en la investigación de beneficios de las huertas urbanas en las familias.

Se espera que en un futuro este trabajo de grado sea una herramienta para masificar los cultivos urbanos en las comunidades, para que las personas siembren sus propios alimentos, teniendo opciones de consumir alimentos orgánicos y no alimentos con altas cantidades de químicos. Además, también se espera impactar culturalmente a las comunidades, en términos de concientización sobre comer alimentos con altos grados nutritivos y dejar de un lado la comida poco saludable, dando bases para que comiencen a cultivar sus propios insumos dentro de casa.

Se espera que las familias que integren este tipo de trabajos de grado también generen una nueva cultura de siembra ecológica, generando adornos ecológicos en las viviendas con los diferentes diseños y huertas ecológicas, descritos en el trabajo de grado generando varios beneficios para el medio ambiente como lo es la purificación del aire.

Con el autocultivo de alimentos altamente nutritivos, se busca aportar una mejora en la calidad de los alimentos, con esto se espera que las familias que implementan este tipo de huertas inteligentes mejoren sus hábitos de alimentación, y que contribuya a la mitigación de la desnutrición, ya que los alimentos a cultivar son de alta calidad al ser orgánicos. Esto está lineado con el proyecto institucional Yomasa donde se están haciendo cursos de agricultura y seguridad alimentaria, siendo este desarrollo una contribución a ese proyecto, con el objetivo que las personas puedan tener estos módulos de autocultivo en sus viviendas, contribuyendo a la alta seguridad alimentaria con una proporción constante de siembra durante todo el año, además, al autocultivar se genera una posible alternativa de negocio, dado a la venta de productos naturales, tales como verduras y hierbas aromáticas.

2 DESCRIPCIÓN LOS COMPONENTES

2.1 GENERAL

2.1.1 Descripción de componentes de la huerta.

En el área de siembra de la huerta, se realiza una mezcla de tierra orgánica con turba, la cual sirve como abono orgánico y como nutriente para las semillas. Se usaron semillas de espinaca, tomillo y zanahoria para la siembra. La estructura de la huerta está hecha en madera conocida como pino canadiense o chileno debido a su resistencia a la humedad y al peso de cada cajón o contenedor de siembra. Para que la madera de los dos cajones o los contenedores de la siembra resisten por más tiempo son forrados con un plástico grueso en la base con el objetivo de ayudar a proteger la madera de la humedad, en la parte de la base se realizaron varios orificios para el drenaje del agua, este drenaje permite recolectar el agua excedente de la siembra por medio de unas canaletas que están ubicadas debajo de cada cajón o contenedor de siembra.

Para asegurar las diferentes piezas de la parte de la estructura se utilizó colbón de madera, puntillas y tornillos de diferentes tamaños, también se implementó unas bisagras y manijas con su respectivo seguro para la parte de las puertas, en la parte frontal y lateral se instaló vidrio para poder visualizar la siembra de la huerta.

2.1.2 Descripción de componentes electrónicos.

Los dispositivos electrónicos seleccionados para la tarjeta Inteligente se utilizarán también para la Huerta Automatizada Indoor, y se enuncian a continuación con sus respectivas características específicas, detalles de operación y gráficas características de cada sensor.

2.1.2.1 Sensor de calidad del aire MQ135.

Es un sensor de calidad del aire que adopta el óxido de estaño (SnO_2), como su material sensible al gas ya que el óxido de estaño (IV) tiene baja conductividad eléctrica en el aire limpio. Por lo tanto, su funcionamiento consiste en que cuando se rodea de aire contaminado, la conductividad eléctrica del MQ135 aumenta con el exceso de contaminantes, y cambia su conductividad eléctrica la cual se toma de referencia en señal de salida correspondiente. Por esta razón permite detectar algunos gases

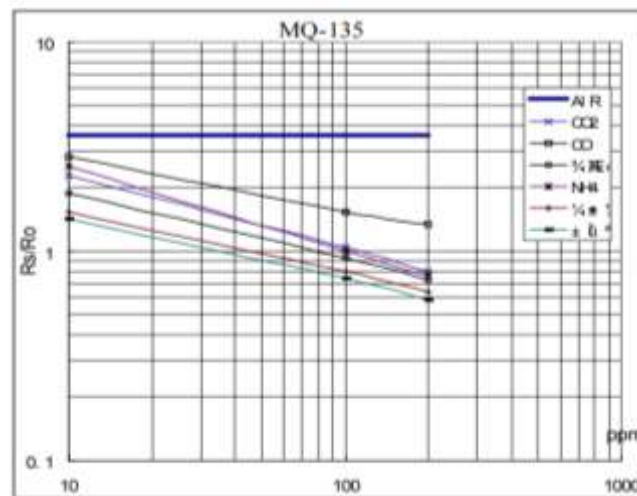
peligrosos como Amoniaco (NH_3), Dióxido de Nitrógeno (NO_2), Alcohol, Benceno (C_6H_6), Dióxido y Monóxido de carbono (CO)¹⁰⁹.

Entre sus principales características se encuentran que es un sensor de respuesta rápida, con una larga vida y estabilidad fiable cuenta con doble salida: salida analógica y salida de nivel TTL, como se mencionó tiene Alta sensibilidad al Amoníaco (NH_3), Óxidos de nitrógeno (NO_x), Alcohol, Sulfuros, Benceno (C_6H_6), Monóxido de carbono (CO), humo y otros gases nocivos. El módulo con 4 pines de conexión posee un tamaño de 32mm x 22mm x 24mm, tiene un rango de detección de 10 a 1000 ppm con sensibilidad ajustable con el potenciómetro integrado. Cuenta con un voltaje de trabajo de 5V y en general el sensor requiere un circuito de accionamiento simple.

Los pines de conexión son los siguientes:

1. Datos (AO).
2. Datos (DO).
3. Tierra (GND).
4. Alimentación: +5V (VCC).

Figura 54. Gráfica de características típicas de sensibilidad.



Fuente: <https://datasheetspdf.com/pdf/605076/Hanwei/MQ-135/1>

En la figura 54, la prueba es realizada a 20°C con una humedad relativa del 65%.

¹⁰⁹ PALACIOS, Andres. Julpin, modules sensores. [En línea]. [Buenos aires, Argentina], Ene. 2018, Disponible en Internet: <<http://www.julpin.com.co/inicio/modulos-sensores/499-modulo-sensor-de-calidad-del-aire-mq-135-para-arduino.html>>

Donde R_s/R_o , se definen por:

R_o = Resistencia en 100 ppm de NH_3 en aire limpio.

R_s = Resistencia del sensor en varias concentraciones de gases.

2.1.2.2 Sensor de humedad relativa y temperatura (DHT11).

Es un sensor digital de temperatura y humedad relativa de fácil uso. Integra un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos y no posee salida analógica. Utilizado en aplicaciones académicas relacionadas al control automático de temperatura, aire acondicionado, monitoreo ambiental en agricultura, entre otros.¹¹⁰

Este sensor tiene un rango de medición de temperatura de 0 a 50 °C y de humedad de 20% a 90% cuenta con una resolución de temperatura de 0.1°C y una resolución de humedad relativa de 1%. La precisión de medición de temperaturas de $\pm 2^\circ\text{C}$ y la precisión de medición de humedad relativa es del 5%. Este dispositivo tiene unas dimensiones de 16mm x 12mm x 5 mm, con un peso de 1gr, Trabaja con un voltaje de operación de 3V a 5V en la salida de datos cuenta con un interfaz digital: Single-bus (bidireccional), todo esto viene en una carcasa de plástico azul como se evidencia en la figura 55.

Los pines de conexión son los siguientes:

- 3 Alimentación: +5V (VCC).
- 4 Datos (DATA).
- 5 No Usado (NC).
- 6 Tierra (GND).

¹¹⁰ CENTENO, Jorge. Naylamp Mechatronics. [En línea]. [Trujillo - Perú]: EDS, Mar. 2017, Disponible en Internet: <<https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/57-sensor-de-temperatura-y-humedad-relativa-dht11.html>>

Figura 55. Sensor de humedad relativa y temperatura (DHT11).



Fuente: <https://www.makerelectronico.com/producto/dht11-sensor-temperatura-humedad/>

2.1.2.3 Sensor de intensidad lumínica BH1750

Es un sensor de iluminación digital para medición de flujo luminoso (iluminancia) de la empresa Rohm Semiconductor. Posee un conversor interno de 16-bit, por lo que entrega una salida digital en formato I2C, (I2C es un puerto y protocolo de comunicación serial, define la trama de datos y las conexiones físicas para transferir bits entre 2 dispositivos digitales), no es necesario realizar conversiones de voltaje para obtener datos interpretables.

El sensor entrega la intensidad luminosa directamente en unidades Lux (Lx). El lux es la unidad derivada del sistema internacional de unidades para la iluminación o nivel de iluminación. Equivale a un lumen /m². Se usa en la fotometría como medida de la luminancia, tomando en cuenta las diferentes longitudes de onda según la función de luminosidad, un modelo estándar de la sensibilidad a la luz del ojo humano.

Posee una Interfaz digital a través de bus I2C con capacidad de seleccionar entre dos direcciones con una respuesta espectral similar a la del ojo humano, también realiza mediciones de iluminancia y convierte el resultado a una palabra digital. Tiene un amplio rango de medición que va de 1 lux a 65535 lux y cuenta con un rechazo de ruido a 50/60 Hz. Tiene baja dependencia de la medición contra la fuente de luz: halógeno, led, incandescente, luz de día, entre otros¹¹¹ (véase la figura 56).

Los pines de conexión son los siguientes:

1. Tierra (GND).
2. Device address pin (ADD).
3. Serial Data Address (SDA).

¹¹¹ MACTRONICA. [En línea]. [Bogotá - Colombia], Ago. 2020, Disponible en Internet: <<https://www.mactronica.com.co/sensor-de-luz-bh1750>>

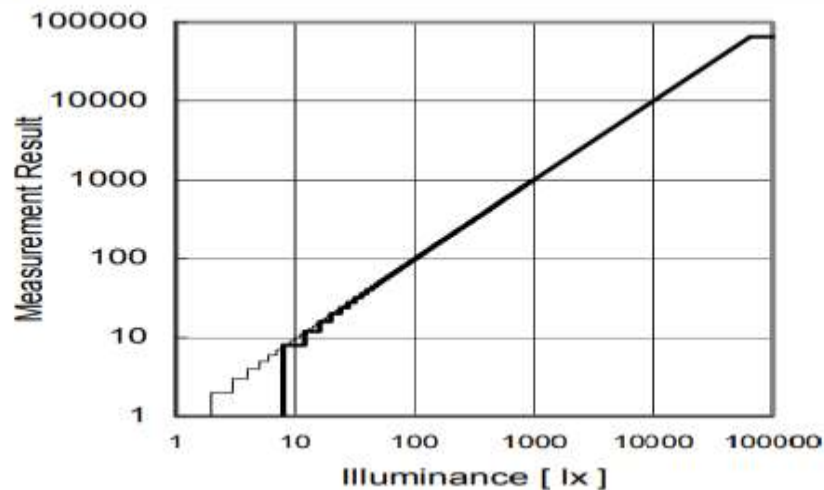
4. Serial Clock Line (SCL).
5. alimentación: +5V (VCC).

Figura 56. Sensor de intensidad lumínica (BH1750).



Fuente: <https://bm-es.com/product/bh1750-light-intensity-sensor/>

Figura 57. Gráfica de característica típica de medición del sensor BH 1750



Fuente: <https://html.alldatasheet.com/html-pdf/338083/ROHM/BH1750FVI/306/3/BH1750FVI.html>

Característica típica de medición del sensor en cantidad de lumen expuestos vs medidos, se aprecia de la figura 57, la precisión de este sensor de intensidad lumínica.

2.1.2.4 Sensor de humedad del suelo FC28

Sensor que mide la humedad del suelo a partir de la resistencia eléctrica del mismo. Es usual usar este sensor sin ninguna otra placa, obteniendo su resistencia en todo momento por medio de un divisor de tensión simple, la cual provee una salida analógica proporcional a la resistencia medida y una salida digital dada por un circuito amplificador operacional en modo comparador, el cual compara el valor medido con una referencia

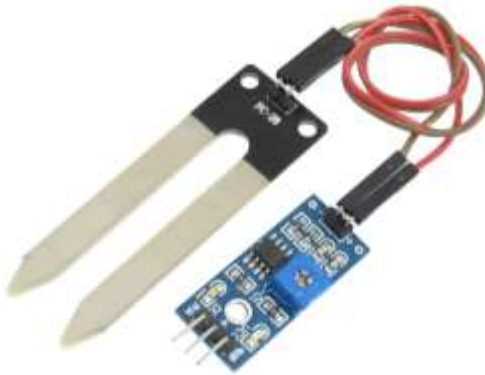
dada por el valor en el potenciómetro, dando una salida digital alta cada vez que el valor medido sea mayor a la referencia¹¹², el encapsulado se observa en la figura 58.

La tensión en la salida analógica del módulo es inversamente proporcional a la resistencia medida, es decir, en un suelo muy húmedo, la tensión se aproxima a 0% y en un suelo muy seco se aproxima a 100% siendo el valor total de VCC.

Los pines de conexión son los siguientes:

1. Alimentación: 5V (VCC).
2. Tierra (GND).
3. Salida analógica (A0).
4. Salida digital (D0).

Figura 58. Sensor de intensidad lumínica.



Fuente:

<http://developer.wildernesslabs.co/docs/api/Meadow.Foundation/Meadow.Foundation.Sensors.Moisture.Fc28.html>

2.1.2.5 LCD 16x2.

El LCD del inglés Liquid Crystal Display o pantalla de cristal líquido es un dispositivo utilizado para la impresión de contenidos o datos de una forma final para el usuario, a través de letras, símbolos o pequeñas figuras según el modelo. Está regido por un microcontrolador el cual controla su funcionamiento. El LCD de 16x2, esto quiere decir que dispone de 2 filas de 16 caracteres cada una, su diseño se observa en la figura 59. Los píxeles de cada símbolo o carácter varían en función de cada modelo.

¹¹² LLAMAS, Luis. Tutoriales sensores arduino. [En línea]. [Zaragoza - España], Mar. 2017, Disponible en Internet: <<https://www.luisllamas.es/arduino-humedad-suelo-fc-28/>>

Figura 59. Liquid Crystal Display de 16x2.



Fuente: <https://repuestoelectronico.blogspot.com/2019/06/display-lcd-16x2-backlight-azul-1602.html>

Los pines de conexión son los siguientes:

Vss: Tierra.

Vdd: +5V.

Ve: Pin de contraste.

Los pines de control son los siguientes:

RS: Corresponde al pin de selección de registro de control de datos (0) o registro de datos (1). Es decir, el pin RS funciona paralelamente a los pines del bus de datos. Cuando RS es 0 el dato presente en el bus pertenece a un registro de control/instrucción. y cuando RS es 1 el dato presente en el bus de datos pertenece a un registro de datos o un carácter.

RW: Corresponde al pin de Escritura (0) o de Lectura (1). Permite escribir un dato en la pantalla o leer un dato desde la pantalla.

E: Corresponde al pin Enable o de habilitación. Si E (0) esto quiere decir que el LCD no está activado para recibir datos, pero si E (1) se encuentra activo se puede escribir o leer desde el LCD.

Los pines del bus de datos son los siguientes:

El Bus de datos bidireccional comprende desde los pines D0 a D7. Para realizar la comunicación con el LCD podemos hacerlo utilizando los 8 bits del bus de datos (D0 a D7) o empleando los 4 bits más significativos del bus de datos (D4 a D7)¹¹³.

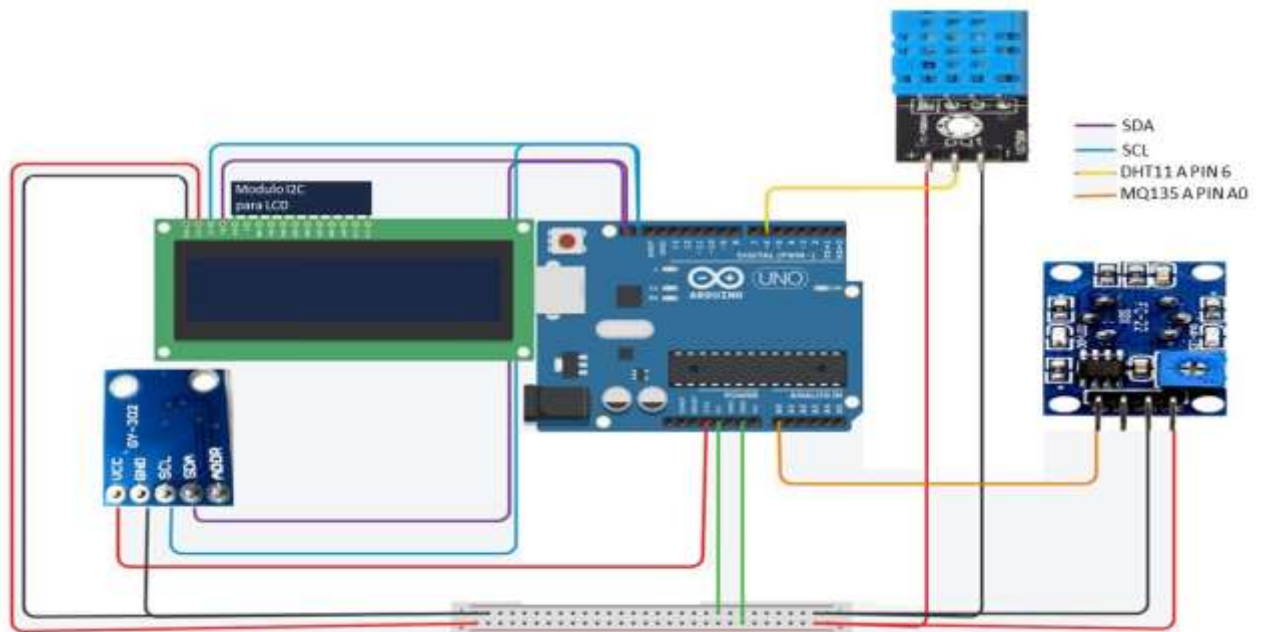
¹¹³ ALFONSO, William. Todo electrodo LCD. [En línea]. [Cataluña - España], Feb. 2013, Disponible en Internet: <<http://todoelectrodo.blogspot.com/2013/02/lcd-16x2.html>>

2.2 MATERIALES.

El trabajo de grado se divide en el montaje de una tarjeta inteligente y de una huerta automatizada, se presentan a continuación listas para cada diseño.

Tarjeta inteligente: la primera lista contiene los elementos para construir la tarjeta inteligente de medición de variables ambientales, la cual consta de tres sensores que son DHT11 de humedad y temperatura, el MQ135 siendo el de calidad del aire y el sensor BH1750 sensor de luminosidad, los cuales envían los datos sensados a el microcontrolador, el cual se encarga de almacenar los datos y mostrarlos a través de una pantalla LCD, la conexión de estos dispositivos conectados al microcontrolador, se pueden observar en la figura 60.

Figura 60. Diagrama de conexión tarjeta inteligente.



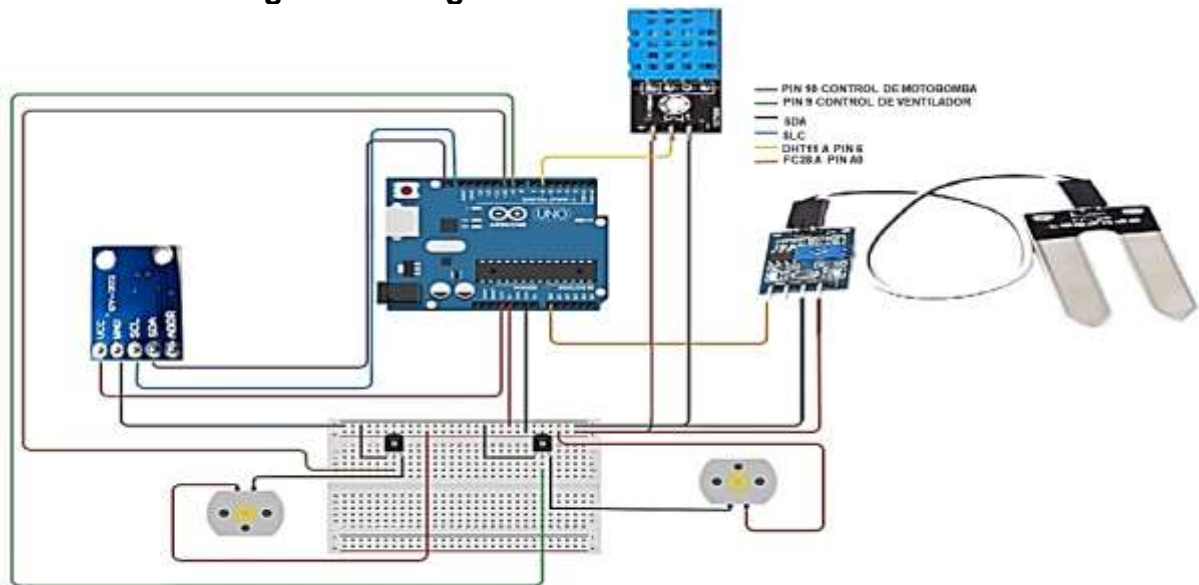
Fuente: Elaboración propia.

- 1. Lámina de cartón
- 1. Pantalla LCD 16x2.
- 1. Sensor MQ 135.
- 1. Sensor DHT 11.
- 1. Sensor BH1750.
- 1. Microcontrolador Arduino.
- 1. batería de 9V.
- 1. potenciómetro de 1k.

→ 1. Juego de jumpers.

Huerta Indoor: la segunda lista contiene los materiales para construir la huerta automatizada, la cual sensa las variables en el ambiente interno para enviarlas al microcontrolador el cual las almacena y toma las decisiones según los niveles alcanzados en cada tipo de variable sensada, para el caso de la temperatura, una vez alcanzados los niveles máximos de esta, el microcontrolador enviará la orden de activar los ventiladores para regular la temperatura interna, en el caso de la humedad del suelo una vez el agua en la tierra haya drenada y absorbida por las plantas, el sensor mide la conductividad para así decidir si activar las bombas de riego, posteriormente la huerta cuenta con canales de drenaje para recolectar las aguas residuales las cuales llegan a un recipiente externo. Todo el sistema va conectado a una fuente de 12 V, la conexión de estos dispositivos conectados al microcontrolador, se pueden observar en la figura 61.

Figura 61. Diagrama de conexión Huerta Indoor.



Fuente: Elaboración propia.

- 1. Sensor MQ 135.
- 1. Sensor DHT 11.
- 1. Sensor BH1750.
- 1. Microcontrolador Arduino.
- 1. batería de 12V.
- 1. convertidor DC/DC.
- 2. Ventiladores 12V.

- 2. Motobombas 12V.
- 2. Canaletas x 1 cm.
- 2. Canaletas x 2cm.
- 2. Mangueras x 2m.
- 2. Abono x 20 kg.
- 2. Turba x 1 kg.
- 4. Juegos de jumpers.
- Madera.
- Vidrio.

3. DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO.

3.1 Tarjeta Inteligente.

La tarjeta de monitoreo de variables ambientales consta de 3 sensores que de forma constante sensan, la temperatura en grados Celsius y la humedad relativa del ambiente recolectados por el DHT11, la intensidad lumínica con el BH1750 y la calidad del aire medida en partículas por millón la cual sensa los gases del ambiente y los considerados dañinos para el ser humano como son el dióxido de carbono, el propano y el etanol por medio del sensor MQ135. Estos tres sensores son controlados por un microcontrolador, que se encarga de recopilar los datos de los tres sensores, almacenarlos en diferentes variables, para luego imprimirlos en una pantalla LCD para ser entregados al usuario.

El microcontrolador se conecta a una batería de 9V a través del adaptador jack, los sensores de la tarjeta se conectan a los pines de alimentación que tiene el microcontrolador, estos pines suministran 3.3V y 5V. La pantalla LCD 16x2, también se alimenta por medio de estos mismos pines y la transmisión de datos a través de los pines de comunicación I2C. La tarjeta inteligente se puede apreciar funcionando en la figura 62.

Figura 62. Tarjeta inteligente funcionando en la sala de la vivienda seleccionada.



Fuente: Elaboración propia.

3.2 Huerta Indoor Automatizada.

La huerta Indoor Automatizada cuenta con 3 sensores como lo son el DHT11 el cual sensa las variables de humedad y temperatura, este sensor gracias a su librería entrega el valor en grados Celsius y humedad relativa respectivamente.

Debido a que los cultivos responden mejor al clima templado según se observó en la tabla 2, este sensor tiene la tarea de notificar, cuando su temperatura excede el rango de temperatura que las plantas requieren para su óptimo crecimiento, que ronda en el promedio de 23 grados Celsius. En caso de que las temperaturas superen los valores máximos requeridos se activan los ventiladores hasta que se alcance la temperatura adecuada.

Otro de sus sensores es el BH1750 el cual sensa la intensidad lumínica, como tiene su propia librería, entrega los datos sensados en lux, por lo que no se requieren conversiones adicionales en el código. Por último, el sensor FC28 es el responsable de sensar la humedad de la tierra a través de la conductividad eléctrica que se produce debido al agua mezclada con el abono, una vez los niveles de conductividad sensados bajen y la tierra se seque, este sensor es el responsable de notificar al microcontrolador el nivel de humedad de la tierra de modo que cuando la humedad de la tierra está por debajo del valor requerido, se activan las bombas de riego.

Todo este sistema será alimentado por una batería de 12V con el fin de poder alimentar todos los dispositivos de la huerta. A continuación, se mencionan los voltajes requeridos para cada uno de los dispositivos, ventiladores y las motobombas a 12V se conectan los, por medio de conversores de voltaje que transformarán de 12V a 9V se conecta la alimentación del microcontrolador y a través de otro conversor de 12V a 5V se conecta la alimentación para los sensores antes mencionados.

La huerta cuenta con dos mangueras para el riego, estas están ubicadas a lo largo de las zanjas y hacen que el riego sea uniforme, este riego se abastece de un recipiente ubicado en la parte exterior de la huerta, También tiene debajo de cada parcela de abono sus respectivos canales de drenaje, los cuales llevan el agua residual a un recipiente exterior para su posterior desecho, esto puede apreciarse en la figura 63.

Figura 63. Huerta Indoor Automatizada funcionando en la sala de la vivienda seleccionada.



Fuente: Elaboración propia.

4. IMPLEMENTACIÓN

4.1 PROCEDIMIENTOS REALIZADOS

4.1.1 Prueba con el sensor de intensidad lumínica (BH1750).

Este sensor entrega una salida digital en formato I2C, (I2C es un puerto y protocolo de comunicación serial, define la trama de datos y las conexiones físicas para transferir bits entre 2 dispositivos digitales), se conectan las salidas SDA, (SDA es el Serial Data Address, usado para transferir datos a través de la comunicación I2C) y SCL, (SCL es el Serial Clock Line, usado para proveer el pulso de reloj para la comunicación I2C), que se observan en la figura 64, con los puertos SCL y SDA del arduino correspondiente, posteriormente se conectan los pines del módulo VCC y tierra respectivamente a los del microcontrolador.

Figura 64. Conexión de sensor BH 1750.



Fuente: Elaboración propia.

Se incluye el código donde se agregan las librerías Wire.h, para la comunicación de los puertos vía I2C y se agrega también la librería propia del sensor 'BH1750.h', en el código también se abre posteriormente el puerto serial con el comando que consta de la orden de inicio, '.begin();', y dentro del paréntesis el número de baudios a utilizar quedando como resultado 'Serial.begin(9600);', una vez terminada la programación, el sensor está listo para la impresión del dato recolectado vía monitor serial, con el código de la figura 65.

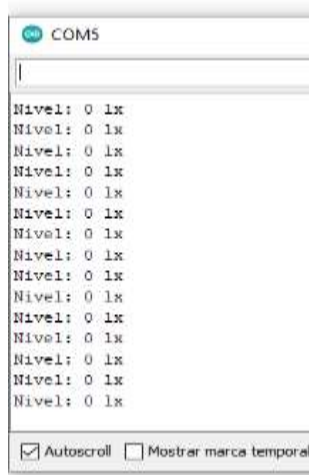
Figura 65. Diagrama de flujo para sensor BH 1750.



Fuente: Elaboración propia.

Se realiza la prueba de funcionamiento individual del sensor de luminosidad, con la luz apagada en la sala de la casa, con el fin de registrar los valores mínimos sensados, los resultados de la medición se observan en la figura 66.

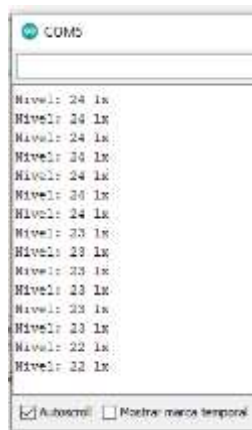
Figura 66. Nivel de luminosidad sentido con luz apagada.



Fuente: elaboración propia.

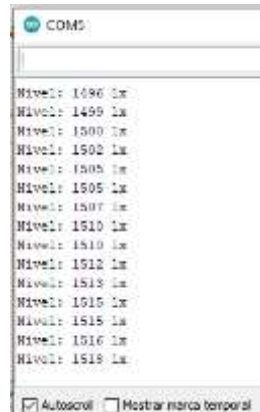
Se realiza la prueba de funcionamiento del sensor de luminosidad, con la luz ambiente de la sala a horas del mediodía, donde se ubicará la huerta, los resultados de la medición se observa en la figura 67.

Figura 67. Nivel de luminosidad sentido en la sala con luz ambiente.



Fuente: elaboración propia.

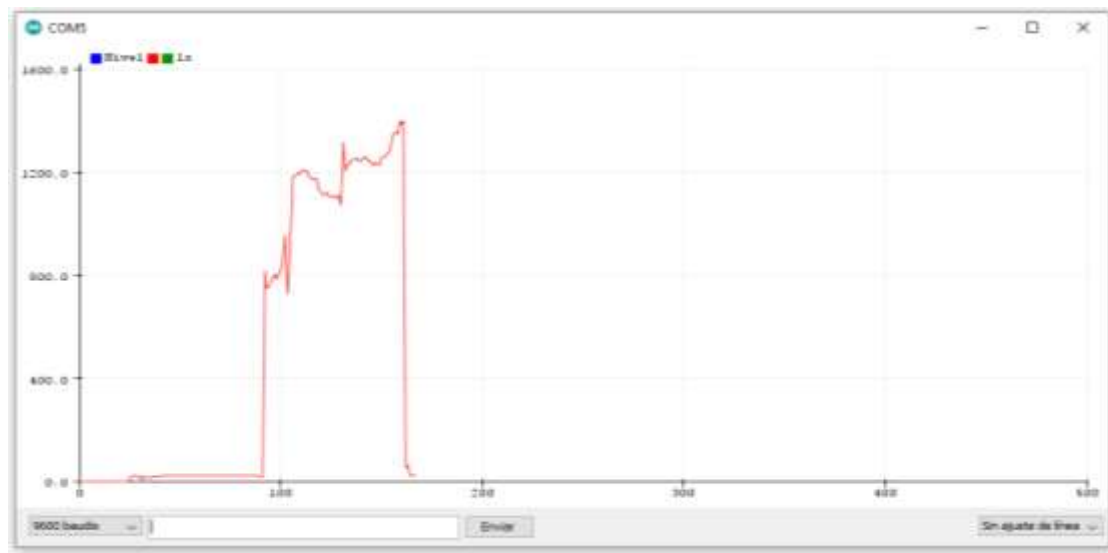
Figura 68. Nivel de luminosidad sentido con exposición al sol.



Fuente: elaboración propia.

En la figura 69 se presentan las mediciones para todas las fases de exposición, inicialmente luz apagada en nivel cero, posteriormente luz promedio del interior de la casa y finalmente luz solar.

Figura 69. Nivel de luminosidad sentido en las tres condiciones.



Fuente: elaboración propia.

4.1.2 Pruebas con el sensor de humedad de la tierra (FC-28)

Este sensor cuenta con salidas analógicas y digitales, la salida digital cuenta con solo un conversor analógico digital interno de 1023 bits, con el fin de obtener mediciones más precisas, este sensor se conecta respectivamente a VCC y tierra, para la medición la salida analógica se conecta al pin A1 del microcontrolador, la conexión se evidencia en la figura 70.

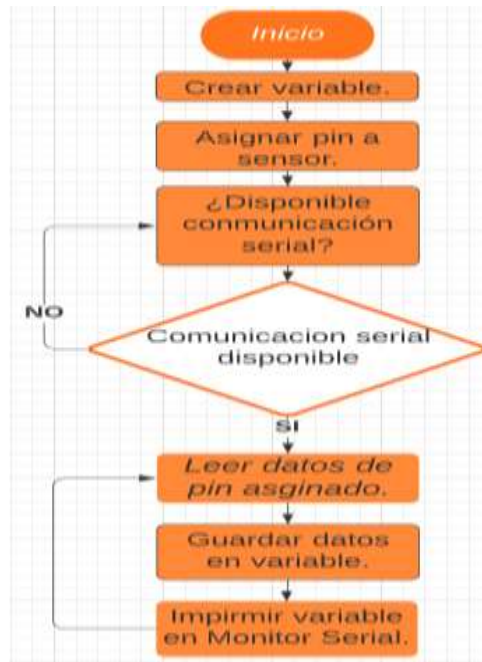
Figura 70. Conexión del sensor de humedad de la tierra FC82



Fuente: elaboración propia.

Una vez conectado el sensor se continúa con el código que se observa en la figura 71, en el que se asignará el pin analógico A1 como lectura.

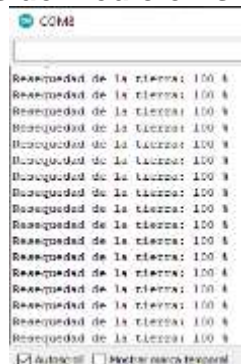
Figura 71. Diagrama de flujo para sensor FC 28



Fuente: elaboración propia.

Mediciones hechas para el caso en el que el sensor no está haciendo contacto con ningún objeto, este momento es el equivalente a la resequedad de la tierra cuando se encuentra al 100%, como se evidencia en la figura 72.

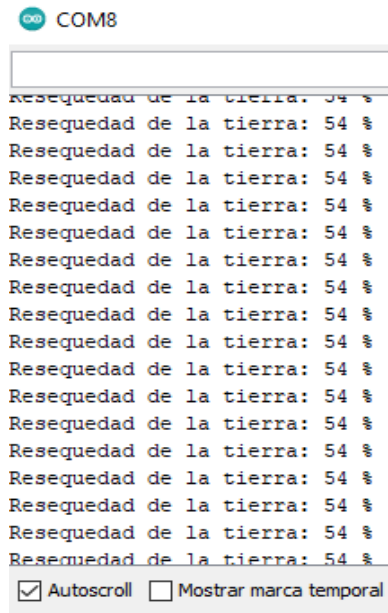
Figura 72. Valores de medición sin contacto alguno.



Fuente: elaboración propia.

Estas mediciones, se realizan para evidenciar valores del sensor directo en el agua, para conocer el máximo valor alcanzado y así tener una referencia respecto a los valores promedios de humedad en la tierra, los resultados se evidencian en la figura 73 y 74, siendo del 54% de resequedad en la tierra.

Figura 73. Valores de medición en agua potable.



Fuente: elaboración propia.

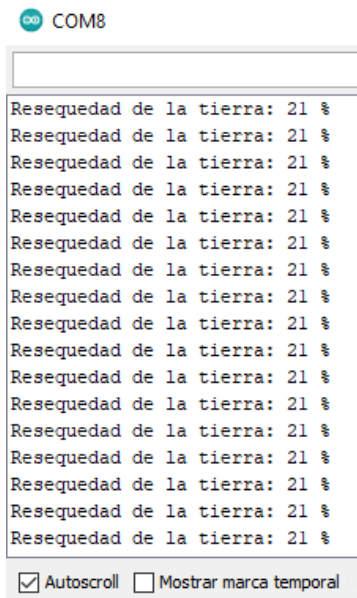
Figura 74. Medición en agua potable.



Fuente: elaboración propia.

Con el fin de alcanzar los valores mínimos a los que el FC-28 sensa, el funcionamiento se explica en la descripción de componentes electrónicos sección de sensor de humedad de la tierra, se realiza la medición de conductividad en agua salada, como se evidencia en la figura 76, obteniendo valores como se observa en la figura 75, oscilan alrededor de 21% equivalente a 1,054 V.

Figura 75. Valores de medición en agua salada.



Fuente: elaboración propia.

Figura 76. Medición en agua salada.



Fuente: elaboración propia.

4.1.3 Prueba con el sensor de humedad relativa y temperatura (DHT11)

Este sensor cuenta con un único pin de salida, este pin es se conecta directamente al pin 2 del Arduino, finalmente este sensor se conectan los pines respectivamente a VCC y tierra como se ve en la figura 77.

Figura 77. Conexión de sensor de humedad relativa y temperatura (DHT11).



Fuente: elaboración propia.

Se requiere de la librería 'DHT11.h' la cual se encarga de pedir datos mediante los comandos 'readTemperature();' para la temperatura y 'readHumidity();' para humedad y luego almacenarlos en las variables respectivas para ser impresas en el monitor serial el cual fue abierto a 9600 baudios en el código mediante el comando 'Serial.begin(9600);', la librería también se encarga de suministrar los valores directamente para ser interpretados en grados 'Celsius' para temperatura y el porcentual de la humedad del ambiente en el caso de la humedad relativa, el código resultante se evidencia en la figura 78.

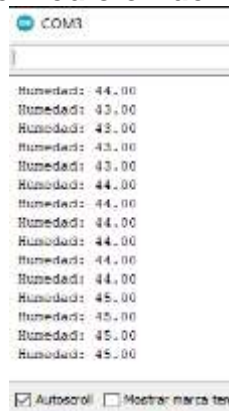
Figura 78. Diagrama de flujo para sensor DHT11



Fuente: elaboración propia.

Se continúa con la prueba y se evidencian en la figura 79, los valores tomados por el sensor de las mediciones en una habitación de la casa.

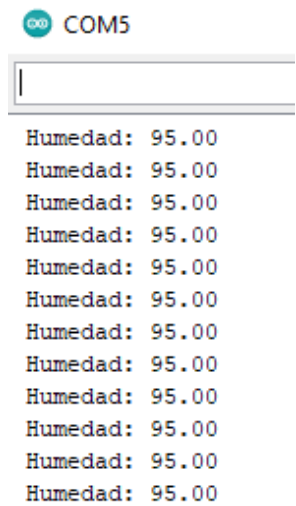
Figura 79. Valores de medición del sensor en habitación.



Fuente: elaboración propia.

Mediciones en el baño después de haber usado el agua caliente, en la figura 81 se evidencia el entorno en donde fue sensada la humedad, se espera que sea el máximo valor sensado por el DHT11, los valores resultantes se evidencian en la figura 80, siendo de 95% de humedad relativa.

Figura 80. Valores de medición del sensor en la ducha.



Fuente: elaboración propia.

Figura 81. Medición de humedad en la ducha.



Fuente: elaboración propia.

Finalmente, se toman medidas debajo del lavadero del patio, figura 83, para comprobar su nivel de humedad respecto a la de la habitación y se evidencia en la figura 82 un aumento de más del 20%.

Figura 82. Valores de medición del sensor debajo del lavadero.

```
COM5
Humedad: 69.00
Humedad: 69.00
Humedad: 69.00
Humedad: 69.00
Humedad: 69.00
Humedad: 68.00
Humedad: 68.00
Humedad: 68.00
Humedad: 68.00
Humedad: 68.00
Humedad: 67.00
Humedad: 67.00
Humedad: 67.00
Humedad: 67.00
Humedad: 67.00
Humedad: 67.00
Humedad: 67.00
Humedad: 68.00
Humedad: 68.00
Humedad: 68.00
```

Fuente: elaboración propia.

Figura 83. Medición de humedad debajo del lavadero.



Fuente: elaboración propia.

4.1.4 Pruebas con el sensor de calidad del aire (MQ135).

Este sensor cuenta con pines analógico y digital para la salida de datos, el sensor tiene una precisión mayor en la salida de datos analógicos debido a que la digital debe pasar la información de salida por un convertidor ADC, este se utilizará conectado al pin A0 del Arduino como ruta de ingreso de datos, finalmente se conectan los pines respectivamente a VCC y tierra, según corresponda, como se ve en la figura 84.

Figura 84. Conexión del sensor de calidad del aire MQ135.



Fuente: elaboración propia.

Su parte lógica resulta algo sencilla debido a que en el código se lee el puerto analógico y con esto se obtiene el valor en partículas por millón (ppm), que entrega el sensor, el código resultante se evidencia en la figura 85.

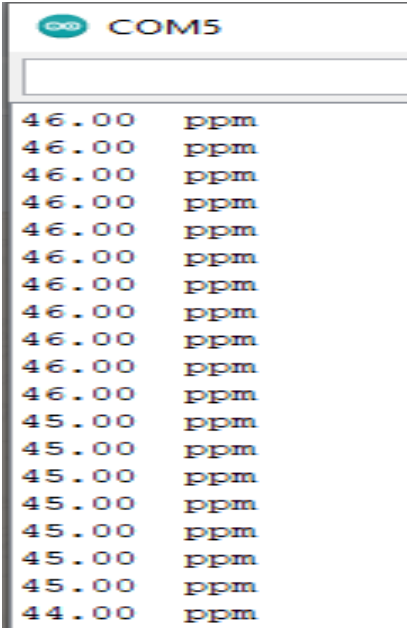
Figura 85. Diagrama de flujo para sensor MQ135.



Fuente: elaboración propia.

Se realizan las mediciones en una habitación de la casa y en la cocina, midiendo exposiciones al gas, alcohol y humo evidenciados en la figura 86.

Figura 86. Valores de medición del sensor en habitación, exposición ambiente.

A screenshot of a digital display for a CO2 sensor, labeled 'COM5'. The display shows a list of 20 measurements in parts per million (ppm). The values are mostly 46.00 ppm, with a few 45.00 ppm and one 44.00 ppm at the bottom. The text is in a monospaced font on a dark background.

CO2	COM5
46.00	ppm
46.00	ppm
46.00	ppm
46.00	ppm
46.00	ppm
46.00	ppm
46.00	ppm
46.00	ppm
46.00	ppm
46.00	ppm
46.00	ppm
46.00	ppm
45.00	ppm
45.00	ppm
45.00	ppm
45.00	ppm
45.00	ppm
45.00	ppm
45.00	ppm
44.00	ppm

Fuente: elaboración propia.

Se realizan mediciones en la cocina, figura 88, para la exposición de gas butano y medir los valores tomados por el sensor cuando se expone a este gas, los resultados se encuentran en la figura 87.

Figura 87. Valores de medición del sensor a exposición a gas en cocina.

COM5	
53.00	ppm
53.00	ppm
53.00	ppm
54.00	ppm
54.00	ppm
59.00	ppm
72.00	ppm
102.00	ppm
136.00	ppm
144.00	ppm
144.00	ppm
138.00	ppm
128.00	ppm
117.00	ppm
110.00	ppm
106.00	ppm
107.00	ppm
105.00	ppm
110.00	ppm
113.00	ppm
113.00	ppm
128.00	ppm
- - -	- - -

Fuente: elaboración propia.

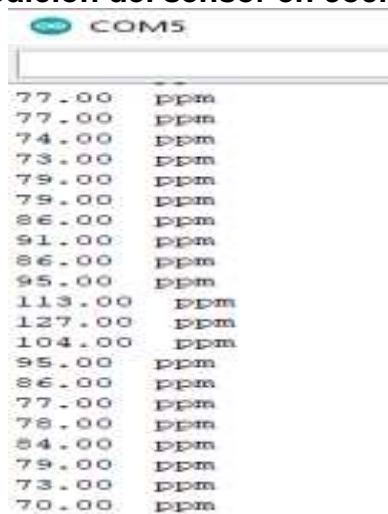
Figura 88. Prueba niveles de medición del sensor expuesto a gas.



Fuente: elaboración propia.

Se realizan finalmente mediciones para la exposición de alcohol, figura 90, los resultados se encuentran en la figura 89.

Figura 89. Valores de medición del sensor en cocina, exposición al alcohol.



COM5	
77.00	ppm
77.00	ppm
74.00	ppm
73.00	ppm
79.00	ppm
79.00	ppm
86.00	ppm
91.00	ppm
86.00	ppm
95.00	ppm
113.00	ppm
127.00	ppm
104.00	ppm
95.00	ppm
86.00	ppm
77.00	ppm
78.00	ppm
84.00	ppm
79.00	ppm
73.00	ppm
70.00	ppm

Fuente: elaboración propia.

Figura 90. Prueba niveles de medición del sensor expuesto a alcohol.



Fuente: elaboración propia.

5. DESCRIPCIÓN ECONÓMICA DEL TRABAJO DE GRADO

Tabla 7. Costo Final de la Implementación

PRESUPUESTO GLOBAL DE TRABAJO DE GRADO		
	Cantidad	Total (COP)
Ingresos		
Auxilio o patrocinio para la elaboración del trabajo.	0	0
Total	0	0
Egresos		
Materiales Tarjeta Inteligente		
Caja contenedora	1	3,000
Componentes electrónicos Tarjeta Inteligente		
Sensores		
Sensor calidad del aire, (MQ135).	1	12,000
Sensor temperatura y humedad ambiente, (DHT11).	1	9,000
Sensor luminosidad, (BH1750).	1	18,000
Actuadores		
Arduino Leonardo	1	32,000
Pantalla de cristal líquido.	1	6,000
Alimentación		
Batería 9V Alcalina.	1	4,000
Juego jumper	1	3,000
Materiales Huerta Indoor Automatizada.		

Madera		200,000
Vidrio		95,000
Semillas		13,000
Abono o tierra	2	90,000
Turba	1	24,000
Canales para cable	2	8,000
Canales de desagüe	2	10,000
Recipiente de aguas residuales	1	5,000
Componentes electrónicos Huerta.		
Sensores		
Sensor temperatura y humedad ambiente, (DHT11).	1	9,000
Sensor luminosidad, (BH1750).	2	36,000
Sensor humedad del suelo, (FC28).	2	12,000
Actuadores		
Arduino Uno	1	28,000
Ventilador	2	10,000
Motobomba	2	30,000
Alimentación		
Batería 12V_7ª	1	40,000
Cable x metro	3	2,000
Construcción Huerta Indoor Automatizada.		120,000
	Total	\$664,000

Se sabe que el costo es elevado para la comunidad sin embargo se estima bajar costos reduciendo el costo en la madera de la huerta, el actual es elevado debido a que se utilizó pino canadiense material utilizado en la construcción de la huerta, se propone el uso de maderas como pino nacional MDF, entre otros. Se propone reducir costos al utilizar vidrios de menores diámetros y un microcontrolador más económico.

6. ANALISIS DE RESULTADOS

Según los resultados obtenidos para la tarjeta inteligente se deduce que el prototipo funciona bien dentro de espacios cerrados, debido a que las pruebas realizadas para el sensor de calidad del aire MQ135, a una distancia mayor a dos metros de la fuente generadora de gas, al sensor llegan niveles muy bajos de gas, lo que hace imposible determinar de qué tipo es, por lo que se recomienda la utilización del dispositivo en un área de no mayor a 9 metros cuadrados.

El sensor de intensidad lumínica sensa el valor máximo ante la exposición solar directa, por esta razón el uso de la tarjeta recomendado es para áreas cerradas, debido a que no se obtendrán valores precisos ante la presencia de luz solar directa.

La humedad relativa se puede medir en cualquier ambiente ya sea cerrado o abierto, así esta medición puede realizarse en cualquier lugar deseado sin inconveniente alguno. Se nota que los valores máximos del sensor llegan hasta el 90% de humedad relativa y en las pruebas de un valor de 95%, esto se debe a que el porcentaje de error es de más o menos el 5% y se comprueba con los resultados obtenidos al sensar la humedad del baño después de una ducha con agua caliente.

La temperatura que mide el sensor es ambiental, así que las mediciones se pueden realizar en lugares abiertos o cerrados, esto hace que la tarjeta sea ideal al momento de medir temperatura en cualquier lugar de la casa.

Para la humedad de la tierra se tienen resultados de valores máximos y mínimos, esta se interpreta para en porcentaje de resequedad para un completo entendimiento, se obtiene valores de 100% cuando la tierra está completamente seca y valores de 54% para valores de humedad absoluta, siendo el resultado de el sensor dentro del agua, de estos dos resultados obtenemos el valor promedio para la toma de decisiones, siendo de 72%, y con este valor se tiene el umbral para que el microcontrolador active las motobombas una vez los valores medidos superen este valor de humedad relativa de la tierra.

7. CONCLUSIONES.

Los cultivos urbanos representan la práctica agrícola del nuevo milenio, se tienen muchas investigaciones a lo largo del mundo en esta disciplina, en antecedentes se descubre la historia de la evolución a lo largo de los años siendo ahora una práctica común en los hogares del mundo, la cual es una fuente abastecedora de productos completamente naturales, debido a que los agricultores urbanos, conocen las semillas y monitorean todo el tiempo su cultivo de forma manual.

Los cultivos se cuidan de forma muy manual y rustica, debido a eso nace el trabajo de grado de la Huerta Indoor Automatizada, ayudando así a personas con afectaciones externas, en las cuales no pueden cuidar su propio cultivo, como ocurre en los barrios menos favorecidos de la ciudad de Bogotá, este trabajo de grado ayuda entonces, primero, a la ubicación de la huerta Indoor dentro de la casa, segundo, al cultivo de hortalizas con altos grados de nutrición, en un Huerta Indoor Automatizada, que monitorea y controla algunas variables del cultivo como lo son la temperatura y la humedad de la tierra.

Se innova en el diseño de la Huerta Automatizada Indoor, remplazando el clásico PVC de bajo costo y se implementa una en madera impermeabilizada, con la finalidad de aumentar la capacidad del cultivo. La Huerta Indoor Automatizada después de la prueba de funcionamiento a la que fue sometida, demuestra ser preciso y coherente con lo que se quería lograr, sensando las variables ambientales expuestas y controlando la temperatura de la huerta, para mantenerla a 21°C, el sistema de auto riego también se logra comprobar, de manera que una vez se supere el valor de 72% de humedad relativa de la tierra, se activa el riego hasta que el sensor recupere sus niveles, y con esto se logra medir una necesidad de 3 litros de agua para humedecer de forma homogénea todo el cultivo.

8. TRABAJOS FUTUROS.

A futuro, sería pertinente usar sensores más precisos para tener más optimización de recursos, generando mayor precisión al momento de controlar las variables. Esta huerta permite integración de un sistema de recolección de datos por medio de IOT y subirlos a la nube para la visualización de estos, por medio del desarrollo o integración de una página web o una App.

También se recomienda mejorar el diseño y la estructura, debido a que es bastante pesada, esta huerta permite adaptar estructuras de diferentes materiales con facilidad para moverla de sitio. La huerta permite la integración de un sistema de baterías o de alimentación alterna más robusto para mayor eficiencia y rendimiento de los sensores, además se puede implementar un sistema inteligente por medio de la domótica manejando todo desde un control remoto, un panel de control o desde el celular.

Permitir un sistema de goteo de agua y de drenaje, más eficiente sin necesidad de recargar el tanque de agua de la huerta, además permite adecuar formas de reutilización de recursos naturales como el agua lluvia o la luz solar para la recolección de la energía.

Adicionalmente se recomienda generar capacitaciones de la construcción y electrónica básica de la huerta en la comunidad, como lo trabaja actualmente la universidad católica de Colombia, por medio del proyecto de desarrollo comunitario en Yomasa para seguir integrando, mejorando y generando mejores proyectos en compañía de la comunidad y la tecnología.

BIBLIOGRAFÍA

AMADOR, Gerardo. Sensores Magnéticos e Inductivos [En línea]. [Pachuca, México]: Universidad Autónoma de Hidalgo, Oct. 2005, Disponible en Internet: <<https://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/licenciatura/documentos/Sensores%20magneticos.pdf>>

ARCINIEGAS, Julián. ZonaDiet [En línea]. [Medellín, Colombia]: La espinaca: Beneficios, propiedades y nutrientes. Jun. 2019, Disponible en Internet: <zonadiet.com/comida/espinaca.htm>

ARISTA, Juan. Temperaturas base y grados [En línea]. [Veracruz, México]: Rev.Mex. Cieagro, Ago. 2018, Disponible en Internet: <<http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v9n5/2007-0934-remexca-9-05-1023.pdf>>

BAYU, Taruna. New low-cost portable sensing system integrated with on-the-go fertilizer. [En línea]. [East Java, Indonesia]: EFE News Service,(Dec, 2019). Disponible en Internet: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263224120300993>>

BECERRA Alejandro. Políticas de desarrollo de agricultura. [Bogotá, Colombia]. May, 2013, Disponible en internet: <https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/61/LIB_2013_

BEMBIBRE, Victoria. Cultivos [En línea]. [Ciudad de México, México]: Definición ABC, Ene. 2009, Disponible en Internet: <<https://www.definicionabc.com/general/cultivo.php>>

BENAVIDES, Luis. Control Automatizado de Riego [En línea]. [Pasto, Colombia]: Universidad de Nariño. Ene. 2015, Disponible en Internet: <<http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/atenea/biblioteca/90779.pdf>>

Bienestar Familiar. Técnica Huerta Casera o familiar. [Pdf en línea]. 16/01/2017 disponible en internet: https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/procesos/a1.mo15.pp_anexo_linea_tecnica_huertas_caseras_o_familiares_v1.pdf

CAICEDO, José. Monitoring system for agronomic variables based in WSN technology on cassava crops, [En línea]. [Manati, Colombia]: ISSN, (Jul, 2014) Disponible en Internet: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169917310189>>

CAMPOS, José. Hidroponía y acuarística del caribe. Nov, 2012. Disponible en internet: <http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_247_Curso%20Hidropo%C3%ADa%20Basica.pdf>

CASILLAS, Luis. Base de Datos [En línea]. [Barcelona, España]: UOC, May. 2005, Disponible en Internet: <<https://www.uoc.edu/pdf/masters/oficiales/img/913.pdf>>

CENDÓN, Bruno. Origen del IoT [En línea]. [Palo Alto, USA]: Unidad RSSS, Ene. 2017, Disponible en Internet: <<http://www.bcendon.com/el-origen-del-iot/>>

CHACON, Gustavo. Agricultura Inteligente [En línea]. [Santiago, Chile]: La Huerta Digital, Jun. 2018, Disponible en Internet: <https://agriculturers.com/que-es-la-agricultura-inteligente>

CHACON, Gustavo. Agricultura Inteligente [En línea]. [Santiago, Chile]: La Huerta Digital, Jun. 2018, Disponible en Internet: <https://agriculturers.com/que-es-la-agricultura-inteligente>

CHACON, Gustavo. Agricultura Inteligente [En línea]. [Santiago, Chile]: La Huerta Digital, Jun. 2018, Disponible en Internet: <<https://agriculturers.com/que-es-la-agricultura-inteligente>>

CLAVIJO, Catalina. La sustentabilidad de las huertas urbanas [En línea]. [Quito, Ecuador]. Letras Verdes, Disponible en Internet: <<https://dx.doi.org/10.17141/letrasverdes.21.2017.2608>>

COLLADO, Marco. Planeta Huerto, cultiva tu vida. [En línea]. [Sevilla, España]: Cultivo del brócoli: Cómo plantar brocoli fácil. Ene. 2020, Disponible en Internet: <https://www.planetahuerto.es/revista/cultivo-del-brocoli_00164>

CORES, Iñigo. Sistema de Riego [En línea]. [Madrid, España]: Ambientum. Ago, 2017. Disponible en Internet: <https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/suelos/sistemas_de_rieg_o.asp>

DANE, Documento 3407-2 Indicadores de índice y NBI. [En línea]. [Bogotá, Colombia]: SDP, May. 2017. Disponible en Internet: <<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/necesidades-basicas-insatisfechas-nbi>>

DANE, Gestión Diferencial de Poblaciones Vulnerables [En línea]: [Bogotá, Colombia]: Ministerio de Salud y Protección Social, Mar 2014, Disponible en Internet: <<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/pobreza-y-desigualdad/pobreza-monetaria-y-multidimensional-en-colombia-2019>>

DANE, Mercado laboral [En línea]. [Bogotá, Colombia]: May. 2019, Disponible en Internet: < <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/mercado-laboral> >

DANE, Pobreza multidimensional [En línea]. [Bogotá, Colombia]: Mar. 2018, Disponible en Internet: <<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/pobreza-y-desigualdad/pobreza-monetaria-y-multidimensional-en-colombia-2019>>

DEGENHART, Barbara. Huertas urbanas: Lugares de oportunidades: [En línea]. [Madrid, España]: Población y sociedad, Abr. 2014, Disponible en Internet: <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-85622014000200013&lng=es&tlng=es>

Departamento de humanidades. Responsabilidad social [En línea]. Universidad Católica de Colombia. [Bogotá, Colombia]: Mar. 2018, Disponible en Internet: <https://www.ucatolica.edu.co/portal/responsabilidad-social-un-compromiso-primordial-de-la-universidad/>

DOMINGUEZ, Francisco. Huertas urbanas solución al hambre [En línea]. [Santiago, Chile]: Retrieved Community, Mar. 2010, Disponible en Internet: <<https://buhomag.elmundo.es/entretenimiento/una-huerta-en-casa-gracias-a-tecnologia/>>

ESPINO, Ariel. InfoAgro, toda la agricultura en internet. [En línea]. [Madrid, España]: El cultivo del cilantro. Sep. 2019, Disponible en Internet: <https://www.infoagro.com/aromaticas/cilantro.htm>

ESTRADA, María. Huertas verticales para sectores de bajos recursos en Guatemala. [Ciudad de Guatemala, Guatemala]. Nov, 2011. Disponible en internet: <http://biblio3.url.edu.gt/Tesis/2011/03/06/Estrada-Maria.pdf>

FERNANDEZ, Simón. huerta a casa gracias a la tecnología [En línea]. [Madrid, España]: Unidad Editorial, Feb. 2017, Disponible en Internet: <<https://buhomag.elmundo.es/entretenimiento/una-huerta-en-casa-gracias-a-tecnologia/>>

FERNANDEZ, Simón. huerta a casa gracias a la tecnología [En línea]. [Madrid, España]: Unidad Editorial, Feb. 2017, Disponible en Internet: <<https://buhomag.elmundo.es/entretenimiento/una-huerta-en-casa-gracias-a-tecnologia/>>

FERREIRA, Carina. Las huertas urbanas verdes. [En línea]. [Lisboa, Portugal]: EFE News Service, Jul, 2014. Disponible en Internet: <https://search-proquest-com.ucatolica.basesdedatosezproxy.com/docview/1545214055?accountid=45660>

GAITAN, Henry. [En línea]. [Madrid, España]: EL CULTIVO DE LA REMOLACHA. Sep. 2019, Disponible en Internet: https://www.infoagro.com/herbaceos/industriales/remolacha_azucarera.htm

GARCIA, Jorge. Agricultura Indoor [En línea]. [Madrid, España]: La Huerta Digital, Feb. 2017, Disponible en Internet: <<https://scp.com.co/wp-content/uploads/2016/06/1.-Desnutricion.pdf>>

GARCÍA, Juan. Empoderamiento comunitario en la construcción de viviendas saludables: Zonas vulnerables de Bogotá. 1 ed. Bogotá: UDFC 2017. 102 p.

GAUDIANO, Paulo. Mundo de los Objetos Inteligentes [En línea]. [Madrid, España]: Bankinter, Ene. 2011, Disponible en Internet: <http://boletines.prisadigital.com/El_internet_de_las_cosas.pdf>

GÓMEZ, Esteban. Familia multiproblemáticas y en riesgo social. [En Línea]. Mar, 2007 disponible en internet: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-22282007000200004

GOMEZ, Graciela. Huertas en el mundo, [En línea]. [Zaragoza, España]: agricultura mundial EGT, Abr. 2019, Disponible en Internet: <https://agroenelmundo.com.jsmqebmqwsmio/465970610?_t=33m>

GONZÁLEZ, Diego. Enfoque de vulnerabilidad social para investigar las desventajas socio ambientales. Su aplicación en el estudio de los adultos mayores [En Línea]. [Toluca México]. Sep, 2011. Disponible en internet: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-74252011000300006

GONZÁLEZ, Gerardo. Los Beneficios para la salud, medio ambiente y economía familiar de la agricultura urbana. [Monterrey, México]. Consultado en Línea, Disponible en internet: http://ru.iiec.unam.mx/4252/1/2-Vol2_Parte1_Eje3_Cap2-016-Dzib-Gonzalez-Gonzalez.pdf

GOUVERNEUR, David. Diseño de nuevos asentamientos informales. 1 ed. Medellín: EAFIT 2016, 424p.

GRAZIANO, Jorge. Diseño de huerta. Jul, 2016. Disponible en internet: https://inta.gob.ar/sites/default/files/disenio_de_huertas.pdf

GRIBALJA, Asher. El huerto urbano. [En línea]. [Valencia, España]: Cultivo del cebollín. Jun. 2018, Disponible en Internet: <<https://www.elhuertourbano.net/aromaticas/cultivo-del-cebollino/>>

Guía ambiental Hortifrutícola. [Bogotá, Colombia]. [Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial]. Nov, 2009. Disponible en internet: <http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_30_guiaambiental.pdf>

HASSINA, Isaad. A comprehensive review of Data Mining techniques in smart agriculture, [En línea]. [Ouzou,Algeria]:IFAC, (Oct. 2019), Disponible en Internet: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1881836619301533>>

HIGÜERO, Anderson. Prototipos de vivienda familiar en lotes de 6*12. Universidad católica de Colombia [Bogotá, Colombia] Disponible en internet: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/24256/1/Trabajo%20de%20grado>.

Jardín Botánico de Medellín. Agricultura urbana. Medellín Colombia 2013. Consultado en internet en: <https://www.botanicomedellin.org/servicios/educacion-y-cultura/agricultura-urbana>

JIMENEZ, Alfredo. Huertas hidropónicas para sociedades urbanas; [source: La república]. (Ago, 2005). NoticiasFinancieras disponible en: <<https://search-proquest-com.ucatolica.basededatosezproxy.com/docview/465970610?accountid=45660>>

KODMANY, Kheir, The Vertical Farm: A Review of Developments and Implications for the Vertical City; [Los angeles: USA]. (Ago, 2018). UPCD disponible en: <<https://www-virtualpro-co.ucatolica.basededatosezproxy.com/biblioteca/huertas-verticales-revision-sobre-avances-e-implicaciones-para-la-ciudad-vertical>>

LACAYO, Oliver. El huerto de Urbano. [En línea]. [Valencia, España]: Como cultivar menta. Jun. 2018, Disponible en Internet: <https://www.planetahuerto.es/revista/como-cultivar-menta_00345>

LANZA, Aquiles. Huertas hidropónicas [En línea]. [Bogotá, Colombia]. Noticias Financieras, (Ago, 2005). disponible en Internet: <<https://search-proquest-com.ucatolica.basededatosezproxy.com/docview/465970610?accountid=45660>>

LANZA, Aquiles. Huertas hidropónicas [En línea]. [Bogotá, Colombia]. Noticias Financieras, (Ago, 2005). disponible en Internet: <https://search-proquest-com.ucatolica.basededatosezproxy.com/docview/465970610?accountid=45660>

LIOTTA, Mario. Riego por Goteo [En línea]. [Rivadavia, Argentina]: UCAR. Jun. 2015, Disponible en Internet: <https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_riego_por_goteo.pdf>

LIZARAZU, Diana. PH y sus aplicaciones [En línea]. [Lima, Perú]: La Agricultura Moderna, Jun. 2018, Disponible en Internet: <<https://www.monografias.com/docs/Importancia-Del-Ph-En-La-Agricultura-PKSJ35UPJ8GNZ> online>

LOPEZ, Alberto. Luminosidad y Efectos [En línea]. [Bogotá, Colombia]: UNAD, Feb. 2013, Disponible en Internet: <http://bdigital.unal.edu.co/44374/1/07790744.2013.pdf>

LUISELLI, Cassio. Fertilidad y Salinidad de Suelos [En línea]. [Ciudad de México, México]: Diario oficial de la Federación, Dic. 2002, Disponible en Internet: <<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69255.pdf>>

MACHADO, Valentina. Frytas & Hortalizas. [En línea]. [Quito, Ecuador]: Acelga, Beta Vulgaris. Cycla , May. 2019, Disponible en Internet: < <https://www.frutas-hortalizas.com/Hortalizas/Presentacion-Acelga.html>>

Manual de huertos sostenibles en casa. [en línea]. Pdf consultado en línea, disponible en internet: <https://web.ua.es/es/ecocampus/documentos/consejos-ambientales/huertos-sostenibles.pdf>

Manual de iniciación al huerto urbano.pdf consultado en line, disponible en internet: http://media.firabcn.es/content/S112014/docs/Manual_iniciacion_huerto_urbano.pdf

MARTÍNEZ, Ángel. Confort Térmico [En línea]. [Murcia, España]: Universidad de Murcia, Ene. 2019, Disponible en Internet: <[http://www.carm.es/web/Blob?ARCHIVO=FD-124.pdf&TABLA=ARCHIVOS&CAMPOCLAVE=IDARCHIVO&VALORCLAVE=120119&CAMPOIMAGEN=ARCHIVO&IDTIPO=60&RASTRO=c740\\$m6061](http://www.carm.es/web/Blob?ARCHIVO=FD-124.pdf&TABLA=ARCHIVOS&CAMPOCLAVE=IDARCHIVO&VALORCLAVE=120119&CAMPOIMAGEN=ARCHIVO&IDTIPO=60&RASTRO=c740$m6061)>

MENDEZ, Marcos. Huerta urbana, Un hobby que beneficia al bolsillo [En línea]. [Santiago, Chile]: AGRICULTURA COMUNIDAD, Jun. 2019, Disponible en Internet: <<https://search-proquest-com.ucatolica.basesdedatosezproxy.com/docview/336822705?accountid=45660>>

MIRAVALL, Francisco. Desarrollo huertas urbanas en comunidad [En línea]. [Quito, Ecuador]: agriculturacomunidad, Jun. 2013, Disponible en Internet: <https://search-proquestcom.ucatolica.basesdedatosezproxy.com/docview/1364540955?accountid=45660>

MOSQUERA, Mosquera. Abonos Orgánicos protegen el suelo y garantizan alimentación sana manual para elaborar y aplicar abonos y plaguicidas orgánicas. Sep, 2010. [Quito, Ecuador]. Disponible en internet en: https://www.academia.edu/22880416/Abonos_organicos

NAVAS, Felix. Los diseños verticales y la agricultura unidos para la producción de alimentos. [En línea]. [Cusco, Perú]: Investigación Agraria y Ambiental, Mar, 2012. Disponible en Internet: <<http://search.ebscohost.com.ucatolica.basesdedatosezproxy.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=90223655&lang=es&site=ehost-live>>.

NIETO, Santiago. InfoAgro, toda la agricultura en internet. [En línea]. [Madrid, España]: [Cusco, Perú]: El cultivo de la lechuga. Oct. 2019, Disponible en Internet: <<https://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm>>

OLIVAR, Benjamin. El huerto de Urbano. [En línea]. [Bogota, Colombia]: El huerto de Urbano. Jul. 2012, Disponible en Internet: < <http://www.huertodeurbano.com/como-cultivar/rabano/>>

Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura [Fao]. Pdf Consultado en línea, disponible en internet: <http://www.fao.org/ag/agp/greenercities/pdf/HD/HUP-HD-1.pdf>

Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura [Fao]. Consultado en línea disponible en internet: <<http://www.fao.org/3/y5112s/y5112s04.htm>>

PALMA, Oscar. Revista de tecnología de la información y comunicaciones. Sep. 2017. Disponible en internet: https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Tecnologias_de_la_Informacion_y_Comunicaciones/vol1num1/Revista_de_Tecnologia_de_la_Informacion_y_Comunicacion_es_V1_N1_5.pdf

PENAGOS, Néstor. Microcontroladores NXP-Freescale [En línea]. [Bogotá, Colombia]: UPC, Ago. 2018, Disponible en Internet: <<https://www.unipiloto.edu.co/descargas/Microcontroladores.pdf>>

PEÑA Luz. Los diseños verticales y la agricultura unidos para la producción de alimentos en los módulos para huertas urbanas verticales.[En Línea]Disponible en internet: https://academia.unad.edu.co/images/investigacion/hemeroteca/RIAA/RIAA_vol_3_num2_2012/Los%20dise%c3%83%c2%b1os%20verticales%20y%20la%20agricultura%20unidos%20para%20la%20producci%c3%83%c2%b3n%20de%20alimentos.pdf

PEÑUELA, Angelica. Manual de tecnología agricultura urbana. Jardin botánico de Bogotá José Celestino mutis. [Bogotá, Colombia] 2009[En Línea].disponible en internet consultado en internet: <http://www.jbb.gov.co/index.php/component/finder/search?q=agricultura+urbana&Search=>

PEREZ, Josué. Automatización de Invernaderos [En línea]. [La Libertad, El Salvador]: Escuela especializada de Ingeniería. Jul. 2016, Disponible en Internet: <<http://www.redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/2843/1/Automatizaci%C3%B3n%20de%20Invernadero%20para%20Cultivos%20Hidrop%C3%B3nicos%20en%20El%20Salvador.pdf>>

PICORNELL, María. El Riego y sus Tecnologías [En línea]. [Albacete, España]: Centro de Engenharia dos Biosistemas, Mar. 2010, Disponible en Internet: <http://crea.uclm.es/crea/descargas/_files/El_Riego_y_sus_Tecnologias.pdf>

PITA, José. Germinación de Semillas. [Madrid, España]. Disponible en Internet: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1998_2090.pdf

Principios Basicos Para Huertos en contenedores [Pdf en linea] disponible en internet: https://ucanr.edu/sites/Nutrition_BEST/files/220913.pdf

Proyecto de desarrollo comunitario realizado por la facultad de ingeniería civil de la universidad católica de Colombia. Consulta en internet: <https://drive.google.com/drive/folders/17mGxyNH6yNFesxnSfCl-eAd10jE2W0Xr>

Proyecto Educativo Institucional. Misión PEI [En línea]. Universidad Católica de Colombia. [Bogotá, Colombia]: Mar. 2018, Disponible en Internet: <https://www.ucatolica.edu.co/portal/wp-content/uploads/adjuntos/reglamentos-y-estatutos/mision-PEI.pdf>

RAMÍREZ, Blanca. Agricultura urbana y huertas familiares. [en línea].[Medellín, Colombia] Universidad EAFIT. Feb, 2014. Disponible en internet: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/5367/YubyRam%EDrez_2014.pdf?sequence=2

REINA, Catalina. Concientización de la implementación de las huertas como sistemas de autoconsumo y de aprovechamiento de residuos orgánicos en las islas de providencia y santa catalina [en línea]. [Bogotá Colombia] Universidad Jorge Tadeo lozano. Oct, 2008, Disponible en internet: <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/1469/T004.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

REY, José. Origen de los huertos urbanos [En línea]. [Bogotá, Colombia]: Dic. 2019, Disponible en Internet: <<https://www.sostenibilidad.com/construccion-y-urbanismo/origen-de-los-huertos-urbanos/>>

ROJAS, María del Carmen. La vivienda precaria urbana marginal y su relación con la salud de la población en el proceso de sustentabilidad. Disponible en internet: <http://www.alapop.org/alap/images/PDF/>

ROJAS, María. La vulnerabilidad y el riesgo de la vivienda para la salud humana desde una perspectiva holística. [Buenos Aires, Argentina]. Dic, 2004. Disponible en internet: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4163676.pdf>

ROSEMBERG, David, Sostenibilidad Procesos agrícolas Desarrollo sostenible; [Bogotá, Colombia]. (Feb, 2016). UPCD disponible en: <<https://www-virtualpro-co.ucatolica.basesdedatosezproxy.com/videos/esta-huerta-del-futuro-no-utiliza-suelo-y-95-menos-agua>>

ROSSI, Samir. Elicriso, revista sobre el entorno y la naturaleza. [En línea]. [Francia, Italia]: Plantas aromáticas, albahaca. Mar. 2011, Disponible en Internet: <https://www.elicriso.it/es/plantas_aromaticas/albahaca/>

SALVADOR, Juan. Las huertas urbanas y trabajo agrícola. [En línea]. [Asunción, Paraguay]: EFE News Service, Ago, 2015. Disponible en Internet: <https://search-proquestcom.ucatolica.basesdedatosezproxy.com/docview/1700519780?accountid=45660>

SANCHEZ, Alfonso. Historia y evolución de los huertos urbanos [En línea]. [San Juan de Alicante, España]: Planeta Huerta, Dic 2019, Disponible en Internet: <https://www.planetahuerto.es/revista/historia-y-evolucion-de-los-huertos-urbanos_00148>

SANCHEZ, Alfonso. Historia y evolución de los huertos urbanos [En línea]. [San Juan de Alicante, España]: Planeta Huerta, Dic 2019, Disponible en Internet: <https://www.planetahuerto.es/revista/historia-y-evolucion-de-los-huertos-urbanos_00148>

SAUCEDO, Mark. Traxco [En línea]. [Zaragoza, España]: Cultivo de la zanahoria. Oct. 2009, Disponible en Internet: <<https://www.traxco.es/blog/produccion-agricola/cultivo-de-la-zanahoria#:~:text=La%20zanahoria%20es%20una%20planta,entre%205%2C8%20y%207.>>>

Secretaría Distrital de Salud-Sistema de Vigilancia Alimentaria y Nutricional (SISVAN). Patrón OMS. DANE, Pobreza multidimensional [En línea]. [Bogotá, Colombia]: (May. 2019), Disponible en Internet: <<https://www.secretariadistritaldelanacion.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/pobreza-y-desigualdad-2018>>

SILVA, Germán. Desnutrición [En línea]. [Bogotá, Colombia]: CCAP, Jun. 2016, Disponible en Internet: <<https://scp.com.co/wp-content/uploads/2016/06/1.-Desnutricion.pdf>>

TAMES, Filipo. HydroEnvroment [En línea]. [Tlalnepantla, Mexico]: Guía para el cultivo del tomillo. Ene. 2016, Disponible en Internet: <https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=295#:~:text=Prefiere%20climas%20templados%20y%20crece,oto%20C3%B1o%20y%20principios%20de%20primavera.>>

TORRES, Alberto. Ingeniería y sociedad, la informalidad en la vivienda. Disponible en internet: http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/4452/ingerieria_y_sociedad.pdf?sequence=5&isAllowed=y

TORRES, Camilo. La calidad de la vivienda de interés social contribuye a la generación y propagación de enfermedades [En línea]. Sep, 2020. Disponible en internet: <http://ie.u.unal.edu.co/medios/noticias-del-ieu/item/la-calidad-de-la-vivienda-de-interes-social-contribuye-a-la-generacion-y-propagacion-de-enfermedades>

VALIDEZ, Celina. Huerta vertical y buen vivir. [Tijuana, México]. Abr, 2014. Disponible en internet: <http://indesol.gob.mx/cedoc/pdf/III.%20Desarrollo%20Social/Huertos%20Familiares%20y%20Comunitarios/MANUAL.%20Huertos%20Verticales%20y%20Buen%20Vivir.pdf>

VELARDE, Zaid. El cultivo del pepino [En línea]. [Madrid, España]: Guía práctica para la producción profesional e intensiva del pepino, hortaliza de la familia de las cucurbitáceas. Jun. 2019, Disponible en Internet: https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_pepino__parte_i_.asp

VERDE, Diego. Definiciones Globales Trabajo Social [En línea]. [Rheinfelden, Suiza]: FITS, Ene. 2019, Disponible en Internet: <https://www.ifsw.org/what-is-social-work/global-definition-of-social-work/definicion-global-del-trabajo-social/>

VERGARA, Ricardo. El mejoramiento de vivienda y entorno en Bogotá 1994-1998 [En línea]. Oct, 2008. Disponible en internet: <http://www.scielo.org.co/pdf/indes/v16n1/v16n1a10.pdf>

VORRABER, Leslie. Ecología urbana: diseño de espacios productivos comunitarios. [En línea]. [Mendoza, Argentina]: Multequina, Sep. 2014, Disponible en Internet: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-73292014000200001&lng=es&tlng=es

WU, Yong. Smart Sensors from Ground to Cloud and Web Intelligence, [En línea]. [Atenas, Grecia]: IFAC-Papers, (Mar. 2018), Disponible en internet: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S240589631831173X>

ZAMORA, Miguel. Smart farming IoT platform based on edge and cloud computing. [En línea]. [Murcia, España]: Biosystems Engineering, (Mar, 2019). Disponible en Internet: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511018301211>

Anexos

Anexo A : Código de sensor de luminosidad (BH1750).

```
#include <BH1750.h> // incluye libreria BH1750
#include <Wire.h> // incluye libreria para bus I2C
BH1750 sensor; // crea objeto con nombre sensor

void setup(){
    Wire.begin(); // inicializa bus I2C
    sensor.begin(); // inicializa sensor con valores por defecto
    Serial.begin(9600); // inicializa monitor serie a 9600 bps }

void loop() {
    unsigned int lux = sensor.readLightLevel(); // lee y almacena lectura de sensor
    Serial.print("Nivel: "); // muestra texto
    Serial.print(lux); // muestra valor de variable lux
    Serial.println(" lx"); // muestra texto y salto de línea
    delay(1000); // demora de 1 seg.
}
```

Anexo B: Código de sensor de humedad relativa de la tierra (FC28).

```
const int sensorPin = A1;
int Shume;
void setup() {
    Serial.begin(9600);
}

void loop() {
    Shume = analogRead(sensorPin);

    Serial.println(Shume);
}
```

Anexo C: Código de sensor de temperatura y humedad relativa del ambiente (DHT11).

```
#include <DHT.h>
int SENSOR = 2;    // pin entrada a pin digital 2
float TEMPERATURA;
float HUMEDAD;
DHT dht(SENSOR, DHT11); // pinMode en libreria DHT(pin,TipodeSensor).

void setup(){
  Serial.begin(9600); // inicializacion de monitor serial
  dht.begin();       // inicializacion de sensor}

void loop(){
  TEMPERATURA = dht.readTemperature(); // obtencion de valor de temperatura
  HUMEDAD = dht.readHumidity(); // obtencion de valor de humedad
  Serial.print("Temperatura: "); // escritura en monitor serial de los valores
  Serial.print(TEMPERATURA);
  Serial.print(" Humedad: ");
  Serial.println(HUMEDAD);
  delay(1000);}
```

Anexo D: Código de sensor de calidad del aire (MQ135).

```
int mq = A0;           //define pin para sensor en A0
float gasLevel = 0;
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(9600);
  pinMode(mq,INPUT);    t
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  gasLevel = map(analogRead(mq),0,1023,100,0);

  Serial.print(gasLevel); // escritura en monitor serial de los valores
  Serial.println(" % de humedad ");}
```



```
delay(1000);  
}
```

Fuente: elaboración propia.

Anexo E: Manual de instalación.

Manual de instalación Huerta Automatizada Indoor.

Es un dispositivo muy fácil de conectar y utilizar a continuación encontrará los pasos prácticos para que la instalación y configuración de este dispositivo.

Materiales utilizados:

Huerta Indoor.

Microcontrolador.

Sensor temperatura y humedad ambiente, (DHT11).

Sensor luminosidad, (BH1750).

Sensor humedad del suelo, (FC28).

Ventilador.

Motobomba.

Módulo transistor.

Batería 12V.

• Conexiones principales

Inicialmente se deben conectar los sensores a el microcontrolador con el programa de control previamente cargado, comience con el sensor de temperatura y humedad relativa, DHT11, el cual cuenta con tres pines, el primer pin, es el pin de conexión a tierra (GND), conecte en el puerto GND del microcontrolador; el segundo pin, es el de envío de datos (DATA), conecte al puerto 6 del microcontrolador; y el tercer pin, es el de alimentación positivo (VCC), conecte al puerto 5V del microcontrolador. Vease figura 91.

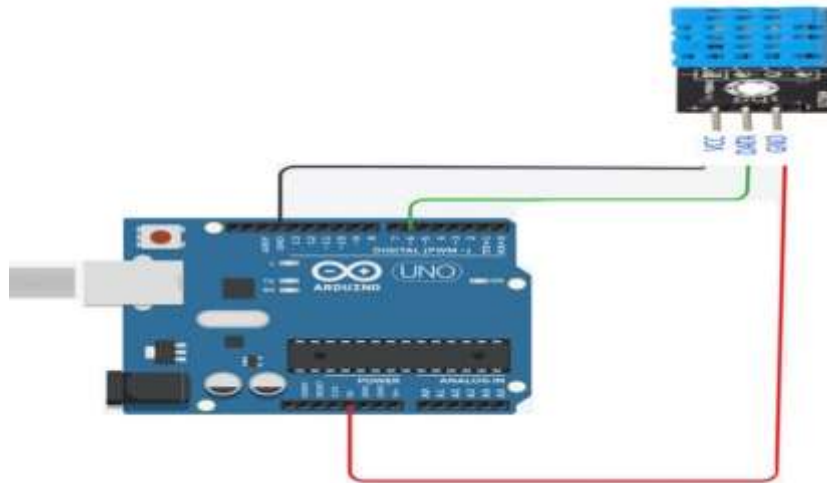


Figura 91. Conexiones de sensor de temperatura y humedad relativa, (DHT11).

Conectado el sensor de temperatura y humedad relativa (DHT11), continúe con el sensor de humedad relativa de la tierra (FC28). Este sensor cuenta con cuatro pines, el primer pin, es el de envío de datos digitales (DO), este no se conecta; el segundo pin, es el de envío de datos analógicos (AO), conecte al puerto A0 del microcontrolador; el tercer pin, es el pin de conexión a tierra (GND), conecte este en el puerto GND del microcontrolador y el cuarto pin, es el de alimentación positivo (VCC), conecte al puerto 5V del microcontrolador. Véase figura 92.

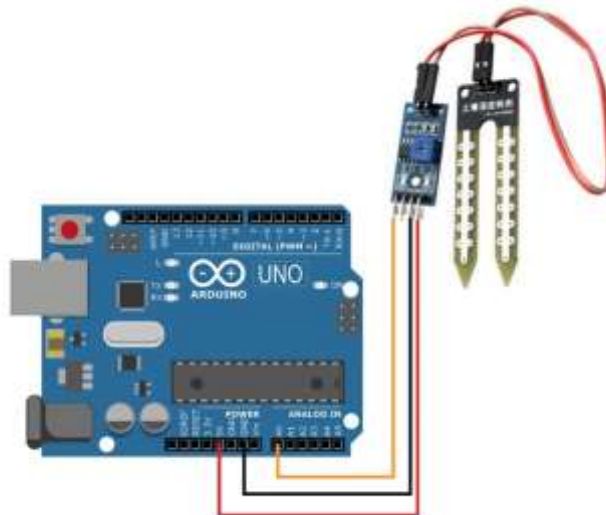


Figura 92. Conexiones de sensor humedad relativa de la tierra, (FC 28).

Conectado el sensor de humedad relativa de la tierra, prosiga con el sensor de luminosidad (BH1750), este cuenta con cinco pines de conexión, el primer pin, es el de alimentación positivo (VCC), conecte al puerto 3.3V del microcontrolador; el segundo pin, es el pin de conexión a tierra (GND), conecte este en el puerto GND del microcontrolador; el tercer pin, es el de sincronización de datos (SCL), conecte en el puerto SCL del microcontrolador; el cuarto pin, es el de direccionamiento de datos

(SDA), conecte en el puerto SDA del microcontrolador y el quinto es el indicador de dirección del dispositivo el cual se usa por defecto, por lo que no se conecta. Para mayor entendimiento vease figura 93.

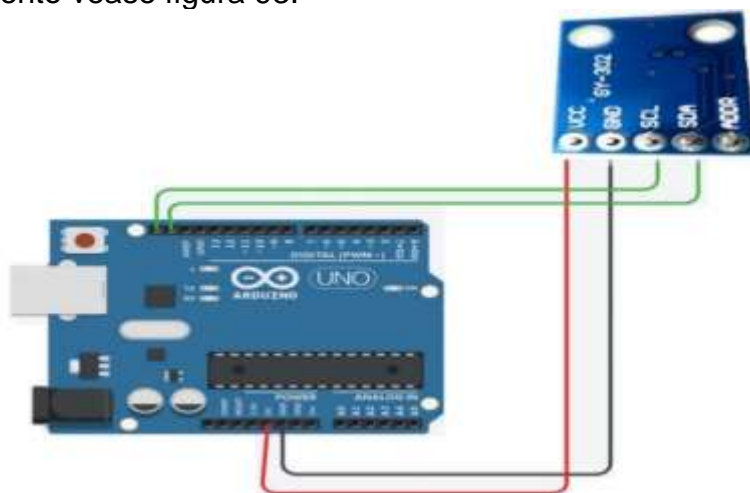


Figura 93. Conexiones de sensor de luminosidad, (BH1750).

Una vez conctados los tres sensores continúe con la conexión de los actuadores, para esto debe tener presente el uso del dispositivo electrónico transistor, se recomienda el uso del TIP41C, el cual ya es utilizado en diversas condiciones ambientales, este consta de 3 pines, vea figura 94.



Figura 94. Módulo transistor TIP41C.

Utilice módulo del TIP de la figura 94, para una fácil conexión del ventilador, con este, el primer pin, es el pin de accionamiento, conecte este pin al puerto 9 del microcontrolador; el segundo pin, es el pin de paso al motor, conecte este pin al terminal de tierra o GND del ventilador, (cable negro); el tercer pin del módulo, es el pin de conexión a tierra (GND), conecte este en el puerto GND del microcontrolador; por último

conecte el terminal positivo del ventilador (cable rojo), directo al terminal positivo de la batería. Para una facil guía vea la figura 95.

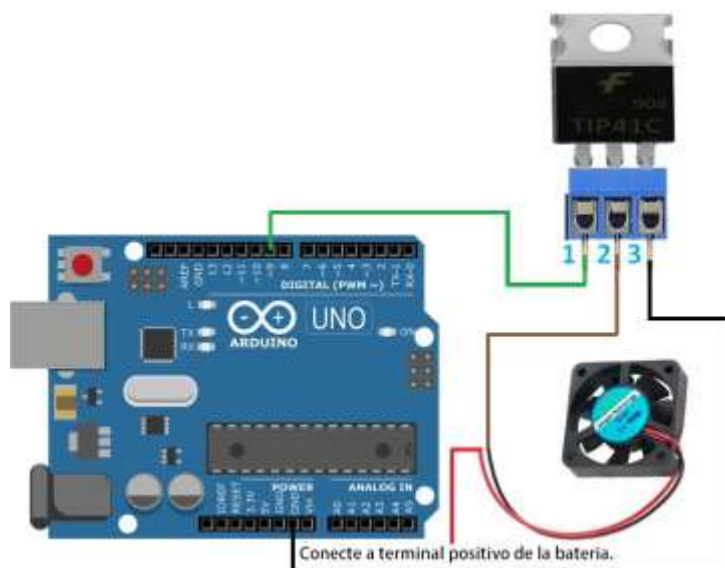


Figura 95. Conexiones de ventilador.

Continúe con la conexión de la motobomba, para una fácil conexión utilice el módulo recomendado de la figura 4, para este, el primer pin, es el pin de accionamiento, conecte este pin al puerto 10 del microcontrolador; el segundo pin, es el pin de paso al motor, conecte este pin al terminal de tierra o GND de la motobomba, (cable negro); el tercer pin del módulo, es el pin de conexión a tierra (GND), conecte este en el puerto GND del microcontrolador; por último conecte el terminal positivo de la motobomba directo a la batería de 12V. Para una fácil guía vea la figura 96.

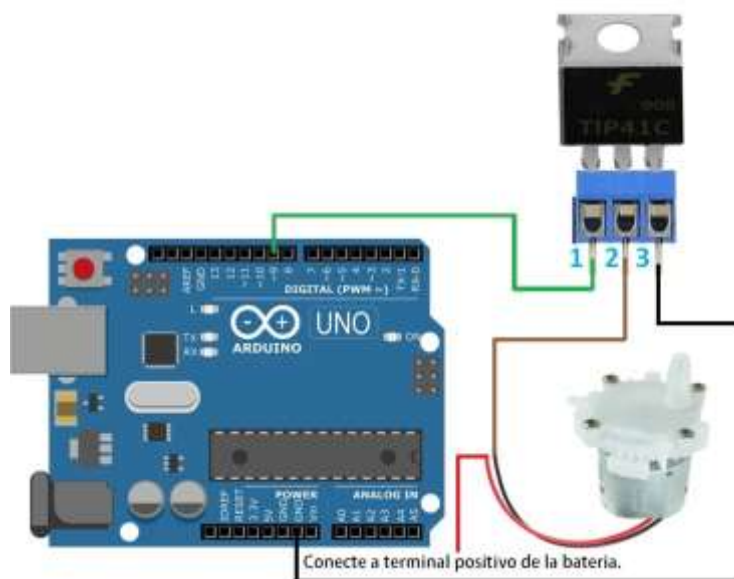


Figura 96. Conexiones de motobomba.

Terminadas las conexiones de los sensores y actuadores, continúe ubicando la manguera de succión de la motobomba en el tanque de almacenamiento de agua y la huerta estará lista para su uso. Para una fácil conexión, de las direcciones de la motobomba en succión y descarga.

Vizualizacion de variables.

Para la vizualizacion de variables, el microcontrolador tiene cargado el porgrama de control el cual cuenta con los comandos para una sencilla interfaz de visualización.

- Primer paso, instale el software de Arduino en la pagina oficial del fabricante, <https://www.arduino.cc/en/software>.
- Segundo paso, usted debe conectar el microcontrolador vía USB.
- Tercer paso, abra el software de Arduino.
- Cuarto paso, presione click en la barra de herramientas y seleccione en la opción puerto, el puerto en el que se encuentre conectado su Arduino.
- Quinto paso, presione click en el botón 'Monitor Serial'. Vease figura 97.



Figura 97. Ubicaión "Monitor Serial".

Terminados los pasos anteriores, la Huerta Indoor Automatizada, estará lista, tanto para su funcionamiento, como para la visualización de variables.

Recomendaciones.

Utilizar un tanque de al menos 3 litros de capacidad para el almacenamiento del agua.
Recargar la batería cada 3 días con el fin de evitar posibles pérdidas en el control de las variables internas de la Huerta Indoor Automatizada.
Utilizar los dispositivos mencionados en este documento.

*La Huerta Indoor Automatizada se entrega con los actuadores previamente instalados.

* No incluye batería.